

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2003年 3月19日

出願番号

Application Number:

特願2003-075809

[ST.10/C]:

[JP2003-075809]

出願人

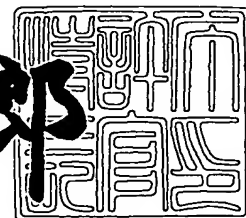
Applicant(s):

日本碍子株式会社

2003年 6月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3051694

【書類名】 特許願
【整理番号】 PA03-037
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 F02M 51/02
【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

【氏名】 大西 孝生

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

【氏名】 廣田 寿一

【特許出願人】

【識別番号】 000004064

【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088971

【弁理士】

【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100115185

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 慎治

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-304922

【出願日】 平成14年10月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 075994

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0104913

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液体噴射装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液体噴射空間に一端が露呈した液体吐出用ノズル、所定の周波数をもって振動する圧電素子駆動信号により作動される圧電／電歪素子、前記液体吐出用ノズルの他端が接続されたチャンバー、同チャンバーに接続された液体供給通路、及び同液体供給通路と外部とを連通する液体注入口を備えてなる噴射デバイスと、

液体を加圧する加圧手段と、

前記加圧手段により加圧された液体が供給されるとともに、電磁弁開閉用信号により駆動される電磁式開閉弁と同電磁式開閉弁により開閉される吐出孔とを備えてなり、同電磁式開閉弁が駆動されて同吐出孔を開放したとき前記加圧された液体を同吐出孔を介して前記噴射デバイスの液体注入口に吐出する電磁開閉式吐出弁と、

前記電磁開閉式吐出弁の吐出孔から前記液体吐出用ノズルの前記液体噴射空間に露呈した一端までの液体通路内の何れかの部位における液体の圧力を検出する圧力検出手段と、

前記圧電素子駆動信号を前記圧電／電歪素子に送出するとともに前記電磁弁開閉用信号を前記電磁開閉式吐出弁に送出する電気制御装置とを具備し、

前記電磁開閉式吐出弁から吐出された液体を前記圧電／電歪素子の作動により微粒子化して前記液体吐出用ノズルから前記液体噴射空間に液滴として噴射する液体噴射装置であって、

前記電気制御装置は前記圧力検出手段により検出された液体の圧力に基づいて前記圧電素子駆動信号を変更するように構成された液体噴射装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の液体噴射装置であって、

前記圧力検出手段は、前記液体供給通路、前記液体注入口、又は前記チャンバーに配設された圧電体である液体噴射装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の液体噴射装置であって、

前記圧力検出手段は、前記液体供給通路、前記液体注入口、又は前記チャンバーに配設されたピエゾ抵抗素子である液体噴射装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の液体噴射装置であって、

前記圧力検出手段は、前記噴射デバイスの前記圧電／電歪素子である液体噴射装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 の何れか一項に記載の液体噴射装置であって、

前記電気制御装置は、前記電磁弁開閉用信号の発生又は同電磁弁開閉用信号の発生の停止により前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が増大又は減少しているとき前記圧電素子駆動信号を発生させて前記圧電／電歪素子を作動させるとともに、前記電磁弁開閉用信号の消滅により前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が一定の低圧力となっているとき前記圧電素子駆動信号を発生しないように構成された液体噴射装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 の何れか一項に記載の液体噴射装置であって、

前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が高圧側閾値以上の高圧力となっているとき前記圧電素子駆動信号を発生しないように構成された液体噴射装置。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 4 の何れか一項に記載の液体噴射装置であって、

前記電気制御装置は、前記電磁弁開閉用信号の発生により前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が低圧側閾値よりも大きい圧力となっているとき前記圧電素子駆動信号を発生し続けるとともに、前記電磁弁開閉用信号の発生開始直後において前記液体供給通路内の液体の圧力が急激に増大し、その後、同圧力の増大時における圧力変化率の絶対値よりも小さい絶対値を有する圧力変化率で同液体供給通路内の液体の圧力が次第に減少するように同電磁弁開閉用信号を発生するように構成された液体噴射装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の液体噴射装置であって、

前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力に基づいて前記電磁弁開閉用信号を変更するように構成された液体噴射装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 の何れか一項に記載の液体噴射装置であって、

前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力に応じて前記圧電素子駆動信号の周波数を変化させるように構成された液体噴射装置。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 の何れか一項に記載の液体噴射装置において、

前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が大きいほど前記圧電素子駆動信号の周波数が高くなるように同圧電素子駆動信号を変更するように構成された液体噴射装置。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 10 の何れか一項に記載の液体噴射装置であって、

前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が大きいほど前記チャンバーの容積変化量が小さくなるように前記圧電素子駆動信号を変更するように構成された液体噴射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液体噴射空間内に液体を微粒子化して噴射する液体噴射装置に関する。

【0002】

この種の液体噴射装置には、内燃機関用燃料噴射装置が知られている。内燃機関用燃料噴射装置は、液体を加圧するための加圧ポンプと電磁式噴射弁とを有してなる所謂電気制御燃料噴射装置であり、広く実用化されている。ところが、電気制御燃料噴射装置においては、加圧ポンプで加圧された燃料が電磁式噴射弁の噴射口より噴射されるようになっているため、特に、電磁式噴射弁の開弁作動時

及び閉弁作動時に噴射される液体の速度（噴射速度）が小さい。このため、噴射された燃料の液滴の大きさが大きくなり、またその大きさが均一でない。このような燃料の液滴の大きさや大きさの不均一性は、燃焼時の未燃燃料を増加させることになり、ひいては有害排出ガスの増加をまねいている。

【 0 0 0 3 】

一方、従来より、ピエゾ電歪素子の作動により液体供給通路内の液体を加圧し、同液体を微小液滴として吐出口から吐出する液滴吐出装置が提案されている。

（例えば、特許文献 1 参照）。このような装置は、従来のインクジェット吐出装置の原理（例えば、特許文献 2 参照。）を応用して、吐出液滴（噴射される燃料の液滴）を上記電気制御燃料噴射装置に比べて小さく、且つ均一とすることがので、燃料の微粒子化の点で優れた装置であるといえる。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】

特開昭 5 4 - 9 0 4 1 6 号公報（第 2 頁、第 5 図）

【特許文献 2】

特開平 6 - 4 0 0 3 0 号公報（第 2 - 第 3 頁、第 1 図）

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、インクジェット吐出装置は、温度、圧力等の変動が少なく、比較的定常的な周囲環境下（例えば、事務所、学校等の室内）で使用された場合、液体を微細な粒子として噴射するという所期の性能を発揮し得る。しかしながら、内燃機関等の様に、運転条件等の変動等により激しく変動する周囲環境下で使用された場合、上記燃料を微粒子化する性能を十分に発揮することは一般に困難である。従って、インクジェット吐出装置の原理を応用した装置であって、内燃機関のように周囲環境が激しく変化する機械装置に対し、液体の微粒子化を十分に達成した上で同液体を噴射し得る液体（燃料）噴射装置は未だ提供できていないのが現状である。

【 0 0 0 6 】

従って、本発明の目的は、液体噴射空間の状況が激しく変動するような場合で

あっても、無駄な電力消費を回避しながら、粒径の小さい液滴を安定して噴射することができる液体噴射装置を提供することにある。

【0007】

【発明の概要】

本発明による液体噴射装置は、液体噴射空間に一端が露呈した液体吐出用ノズル、所定の周波数をもって振動する圧電素子駆動信号により作動される圧電／電歪素子、前記液体吐出用ノズルの他端が接続されたチャンバー、同チャンバーに接続された液体供給通路、及び同液体供給通路と外部とを連通する液体注入口を備えてなる噴射デバイスと、液体を加圧する加圧手段と、前記加圧手段により加圧された液体が供給されるとともに、電磁弁開閉用信号により駆動される電磁式開閉弁と同電磁式開閉弁により開閉される吐出孔とを備えてなり、同電磁式開閉弁が駆動されて同吐出孔を開放したとき前記加圧された液体を同吐出孔を介して前記噴射デバイスの液体注入口に吐出する電磁開閉式吐出弁と、前記電磁開閉式吐出弁の吐出孔から前記液体吐出用ノズルの前記液体噴射空間に露呈した一端までの液体通路内の何れかの部位における液体の圧力を検出する圧力検出手段と、前記圧電素子駆動信号を前記圧電／電歪素子に送出するとともに前記電磁弁開閉用信号を前記電磁開閉式吐出弁に送出する電気制御装置とを具備し、前記電磁開閉式吐出弁から吐出された液体を前記圧電／電歪素子の作動により微粒子化して前記液体吐出用ノズルから前記液体噴射空間に液滴として噴射する液体噴射装置であって、前記電気制御装置は前記圧力検出手段により検出された液体の圧力に基づいて前記圧電素子駆動信号を変更するように構成されたことを特徴としている。

【0008】

これによれば、加圧手段で加圧された液体が電磁開閉式吐出弁から噴射デバイスへと吐出され、その液体は圧電／電歪素子の作動により（例えば、圧電／電歪素子の作動による噴射デバイスのチャンバーの容積変化により）微粒子化された後に液体吐出用ノズルから噴射される。このように、液体噴射空間への液体噴射に必要な圧力は加圧手段により発生されることから、適用する機械の運転条件等の変動などにより、液体噴射空間の環境（例えば、圧力や温度）が激しく変動し

ても、同液体を所望の微細な粒子として安定して噴射、供給することができる。

【0009】

また、従来のキャブレター（気化器）は、液滴吐出空間である吸気管内の空間の空気流速に応じて燃料（液体）流量が決定され、霧化の程度も同空気流速に依存して変化した。が、上記本発明の液体噴射装置によれば、空気流速に拘らず良好な霧化状態を維持した燃料（液体）を必要量だけ吐出することができる。加えて、本発明による液体噴射装置によれば、従来の燃料噴射用インジェクタのノズル部にアシストエアを供給することで燃料の霧化を促進する装置のように、アシストエアを供給するためのコンプレッサを必ずしも必要としないので、装置を廉価なものとすることができる。

【0010】

さらに、圧力検出手段は、前記電磁開閉式吐出弁の吐出孔から前記液体吐出用ノズルの前記液体噴射空間に露呈した一端までの液体通路内の何れかの部位における液体の圧力（噴射されることになる液体の圧力、即ち、液体吐出用ノズル内の液体の圧力、チャンバー内の液体の圧力、液体供給通路内の液体の圧力、又は液体注入口における液体の圧力等）を検出する。そして、電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力に基づいて前記圧電素子駆動信号を変更するように構成されているので、噴射されることになる液体の圧力が十分に高く圧電／電歪素子による液体の微粒化を行わなくても同液体の粒径が比較的小さい場合、或いは、噴射されることになる液体の圧力が十分に低く液体吐出用ノズルから液体の噴射が行われない場合等のように、圧電／電歪素子を作動させる必要がない場合に同圧電／電歪素子の作動を確実に停止することができる。その結果、電力を無駄に消費することを回避することができる。

【0011】

この場合、前記圧力検出手段は、前記液体供給通路、前記液体注入口、又は前記チャンバーに配設された圧電体であってもよく、同部位に配設されたピエゾ抵抗素子であってもよい。また、前記圧力検出手段は、前記噴射デバイスの前記圧電／電歪素子であってもよい。

【0012】

特に、前記噴射デバイスの前記圧電／電歪素子を前記圧力検出手段としても用いる場合、新たに圧力検出手段を設ける必要がないので、液体噴射装置の低廉化を図ることができる。

【0013】

上記液体噴射装置の電気制御装置は、前記電磁弁開閉用信号の発生又は同電磁弁開閉用信号の発生の停止により前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が増大又は減少しているとき前記圧電素子駆動信号を発生させて前記圧電／電歪素子を作動させるとともに、前記電磁弁開閉用信号の消滅により前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が一定の低圧力となっているとき前記圧電素子駆動信号を発生しないように構成されることが好適である。

【0014】

これによれば、少なくとも電磁弁開閉用信号の発生により噴射されることになる液体の圧力が増大しているとき、又は電磁弁開閉用信号の発生の停止により噴射されることになる液体の圧力が減少しているときを確実に検出し、そのような場合に前記圧電素子駆動信号を発生させて前記圧電／電歪素子を作動させる。従って、液体の圧力が増大又は減少中であって同液体の噴射圧力が比較的小さいために液体の噴射速度が十分ではなく、同液体を十分には微粒子化し難い場合、圧電／電歪素子を確実に作動させて同液体を適切に微粒子化することができる。

【0015】

更に、前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が高圧側閾値以上の高圧力となっているとき前記圧電素子駆動信号を発生しないように構成されることが好適である。

【0016】

電磁弁開閉用信号が発生されることにより噴射されることになる液体の圧力が十分大きな圧力（高圧側閾値以上の圧力＝第1の所定値以上の圧力）にまで増大すると、噴射デバイスの吐出用ノズルから液体噴射空間に噴射される液体の速度（噴射速度、或いは、液柱の移動速度）は十分に大きくなり、液体は表面張力により粒径が比較的小さい液滴となる。従って、上記構成のように、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が高圧側閾値以上の高圧力となっているとき前

記圧電素子駆動信号を発生しないように構成すれば、圧電素子駆動信号を不必要に発生することが回避できるので、液体噴射装置の消費電力を低減することができる。

【 0 0 1 7 】

また、前記電気制御装置は、前記電磁弁開閉用信号の発生により前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が低圧側閾値よりも大きい圧力となっているとき前記圧電素子駆動信号を発生し続けるとともに、前記電磁弁開閉用信号の発生開始直後において前記液体供給通路内の液体の圧力が急激に増大し、その後、同圧力の増大時における圧力変化率の絶対値よりも小さい絶対値を有する圧力変化率で同液体供給通路内の液体の圧力が次第に減少するように同電磁弁開閉用信号を発生するように構成されることが好適である。

【 0 0 1 8 】

この場合、前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力に基づいて前記電磁弁開閉用信号を変更するように構成されることが望ましい。

【 0 0 1 9 】

これによれば、前記電磁弁開閉用信号の発生開始直後において液体供給通路内の液体の圧力が急激に増大するので、液滴の噴射が直ちに開始される。また、その後、液体供給通路内の液体の圧力は比較的緩やかに減少し続ける。従って、先に噴射された液滴の速度の方が後に噴射された液滴の速度よりも大きくなる。この結果、液滴同士が衝突して粒径の大きい液滴が形成されてしまう可能性を低減することができる。

【 0 0 2 0 】

また、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力に基づいて前記電磁弁開閉用信号を変更するように構成すれば、例えば、液体供給通路内の液体が最高圧力近傍に到達した時点をも的確に検出し、その時点から液体供給通路内の液体の圧力を比較的緩やかに減少させるように、前記電磁弁信号を変更することが可能となる。従って、液体供給通路内の液体が最高圧力近傍に長時間留まることが回避できるので、液滴同士の衝突をより確実に抑制することが可能となる。

【0021】

また、前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力に応じて前記圧電素子駆動信号の周波数を変化させるように構成されることが好適である。

【0022】

噴射されることになる液体の圧力の大きさは、液体吐出用ノズルから噴射される液体の速度（噴射速度）を決定付けるので、同液体の圧力が異なれば液体の微粒子化の程度も異なることになる。従って、上記構成のように、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力に応じて前記圧電素子駆動信号の周波数を変化させることにより、所望の粒径の液滴を得ることが可能となる。

【0023】

また、前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が大きいほど前記圧電素子駆動信号の周波数が高くなるように同圧電素子駆動信号を変更するように構成されることが好適である。

【0024】

噴射されることになる液体の圧力が大きいほど、液体吐出用ノズルから噴射される流量は大きくなる。従って、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が大きいほど高い周波数の圧電素子駆動信号を付与することにより、同液体の圧力に拘らず微粒子化される液滴の粒径を均一とすることが可能となる。

【0025】

さらに、前記電気制御装置は、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が大きいほど前記チャンバーの容積変化量が小さくなるように前記圧電素子駆動信号を変更するように構成されることが好適である。

【0026】

噴射されることになる液体の圧力が大きいほど液体吐出用ノズルから噴射される液体速度は大きくなるので、噴射される液体の粒径は、チャンバーの容積変化量（容積変化量の最大値、即ち、最大容積変化量）を大きくしなくても、同液体の表面張力により比較的小さくなる。従って、噴射されることになる液体の圧力が大きいときには、チャンバーの容積変化量を小さくしても液体の粒径が過大と

なることがない。そこで、上記構成のように、前記圧力検出手段により検出された液体の圧力が大きいほど圧電素子駆動信号による前記チャンバーの容積変化量を小さくすれば、同液体の圧力が大きいときに必要以上の容積変化を発生せしめないようにできるので（即ち、圧電／電歪素子の変形量を必要以上に大きくすることがないので）、液体噴射装置の消費電力を低減することができる。

【 0 0 2 7 】

なお、前記電気制御装置は、前記電磁弁開閉用信号の発生により前記液体供給通路内の液体の圧力が、一定の低圧力（加圧手段により加圧された液体が液体供給通路内に供給されない状態が継続したときに収束する同液体供給通路内の液体の圧力）から増大を開始する時点の直前の時点から前記圧電素子駆動信号の発生を開始するように構成されてもよい。

【 0 0 2 8 】

これによれば、前記電磁弁開閉用信号の発生により前記液体供給通路内の液体の圧力が上昇を開始する時点、即ち、噴射デバイスの吐出用ノズルから液滴の噴射が開始される可能性がある時点では、既に前記圧電素子駆動信号により圧電／電歪素子が駆動され、液体に振動エネルギーが加わっているから、液体の噴射当初から確実に微粒子化した液滴を噴射することができる。

【 0 0 2 9 】

また、上述した電気制御装置は、前記電磁弁開閉用信号の発生の停止により前記液体供給通路内の液体の圧力が前記一定の低圧力に減少した時点の直後の時点まで前記圧電素子駆動信号の発生を継続するように構成されていることになる。

【 0 0 3 0 】

前記電磁弁開閉用信号の発生が停止された時点から暫くの間は、前記液体供給通路内の液体の圧力は前記一定の低圧力よりも高い圧力となっているから、噴射デバイスの液体吐出用ノズルから液体の噴射が行われる。従って、上記構成のように、電磁弁開閉用信号の発生の停止により前記液体供給通路内の液体の圧力が前記一定の低圧力に減少した直後の時点まで圧電素子駆動信号を発生させておけば、電磁弁開閉用信号の発生が停止された時点より後の時点であって噴射デバイスの液体吐出用ノズルから液滴の噴射が行われ続けている時点において、圧電素

子駆動信号により圧電／電歪素子が駆動されて液体に振動エネルギーを加えておくことができる。この結果、電磁弁開閉用信号の消滅後においても（液体が噴射されなくなるまで）、液体を確実に微粒子化して噴射することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による液体噴射装置（液体噴霧装置、液体供給装置、液滴吐出装置）の各実施形態について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明による液体噴射装置10の第1実施形態の構成を概略的に示している。この液体噴射装置10は、微粒子化された液体を必要とする機械装置としての内燃機関に適用されている。

【0032】

液体噴射装置10は、内燃機関の吸気管（又は吸気ポート）20等により形成される燃料噴射空間21に、内燃機関の吸気弁22の背面に向けて、微粒子化された液体（液体燃料、例えばガソリン、以下、単に「燃料」と云うこともある。）を噴射するためのものであって、加圧手段としての加圧ポンプ（燃料ポンプ）11、同加圧ポンプを介装した液体供給管（燃料配管）12、液体供給管12の前記加圧ポンプの吐出側に介装されたプレッシャレギュレータ13、電磁開閉式吐出弁14、燃料噴射空間21に噴射する液体を微粒子化するために少なくともその壁面に圧電／電歪素子を形成したチャンバーと吐出用ノズルとを備えた噴射ユニット（噴霧ユニット）15、及び電磁開閉式吐出弁14と噴射ユニット15とに駆動信号としての電磁弁開閉用信号とチャンバー容積変化用（圧電／電歪素子作動用）の圧電素子駆動信号とをそれぞれ供給する電気制御装置30を備えている。

【0033】

加圧ポンプ11は、液体貯蔵タンク（燃料タンク）23の底部に連通されるとともに同液体貯蔵タンク23から燃料が供給される導入部11aと、液体供給管12に接続された吐出部11bとを備えている。この加圧ポンプ11は、液体貯蔵タンク23内の燃料を前記導入部11aから導入し、この燃料をプレッシャレギュレータ13と電磁開閉式吐出弁14と噴射ユニット15とを介して（仮に、

噴射ユニット 1 5 の圧電／電歪素子が作動されていない場合であっても）液体噴射空間 2 1 に対し噴射し得る圧力（この圧力を「加圧ポンプ吐出圧」と云う。）以上にまで加圧し、同加圧した燃料を前記吐出部 1 1 b から液体供給管 1 2 内に吐出するようになっている。

【 0 0 3 4 】

プレッシャレギュレータ 1 3 は、図示しない配管により吸気管 2 0 内の圧力が与えられていて、この圧力に基づいて加圧ポンプ 1 1 により加圧された燃料の圧力を減圧（又は、調圧）し、同プレッシャレギュレータ 1 3 と電磁開閉式吐出弁 1 4 との間の液体供給管 1 2 内の燃料の圧力が同吸気管 2 0 内の圧力よりも所定（一定）圧力だけ高い圧力（この圧力を「調整圧」と云う。）となるように調整する。この結果、電磁開閉式吐出弁 1 4 が所定時間だけ開弁されると、同所定時間に略比例した燃料量の燃料が吸気管 2 0 内の圧力に拘らず同吸気管 2 0 内に噴射される。

【 0 0 3 5 】

電磁開閉式吐出弁 1 4 は、従来より内燃機関の電気制御式燃料噴射装置に広く採用されている周知のフューエルインジェクタ（電磁開閉式噴射弁）である。図 2 は、この電磁開閉式吐出弁 1 4 の正面図であって、その先端側部位を同電磁開閉式吐出弁 1 4 の中心線を含む平面にて切断した断面で示すとともに、電磁開閉式吐出弁 1 4 に対して固定された噴射ユニット 1 5 を前記平面と同一の平面にて切断した断面で示している。また、図 3 は、図 2 に示された電磁開閉式吐出弁 1 4 の先端部近傍の同電磁開閉式吐出弁 1 4 及び噴射ユニット 1 5 の拡大断面図である。

【 0 0 3 6 】

この電磁開閉式吐出弁 1 4 は、図 2 に示したように、液体供給管 1 2 が接続された液体導入口 1 4 a と、同液体導入口 1 4 a に連通した燃料通路 1 4 b を形成する外筒部 1 4 c と、電磁式開閉弁として作動するニードル弁 1 4 d と、同ニードル弁 1 4 d を駆動する図示しない電磁機構とを備えている。図 3 に示したように、外筒部 1 4 c の先端中央部にはニードル弁 1 4 d の先端部と略同一形状の円錐形の弁座部 1 4 c - 1 が設けられるとともに、同弁座部 1 4 c - 1 の頂部（先

端部) 近傍には外筒部 1 4 c の内部 (即ち、燃料通路 1 4 b) と外筒部 1 4 c の外部とを連通する複数の吐出孔 (貫通孔) 1 4 c - 2 が設けられている。この吐出孔 1 4 c - 2 は、ニードル弁 1 4 d (電磁開閉式吐出弁 1 4) の軸線 C L に対して角度 θ だけ傾斜している。なお、図示しないが、外筒部 1 4 c を軸線 C L に沿う方向から見た場合、複数の吐出孔 1 4 c - 2 は、同一円周上において等間隔毎に設けられている。

【 0 0 3 7 】

以上の構成により、電磁開閉式吐出弁 1 4 においては、ニードル弁 1 4 d が電磁機構により駆動されて吐出孔 1 4 c - 2 を開閉し、同吐出孔 1 4 c - 2 が開放されたとき、燃料通路 1 4 b 内の燃料が同吐出孔 1 4 c - 2 を介して吐出 (噴射) される。この状態を「電磁開閉式吐出弁 1 4 が開弁する。」と云い、ニードル弁 1 4 d が吐出孔 1 4 c - 2 を閉鎖した状態を「電磁開閉式吐出弁 1 4 が閉弁する。」と云う。このように吐出される燃料は、吐出孔 1 4 - 2 c がニードル弁 1 4 d の軸線 C L に対して傾斜していることから、同軸線 C L を中心線とする円錐の側面にそって広がるように (コーン状に) 噴射される。

【 0 0 3 8 】

噴射ユニット 1 5 は、図 2 に示したように、噴射デバイス 1 5 A と、噴射デバイス固定板 1 5 B と、噴射デバイス固定板 1 5 B を保持する保持ユニット 1 5 C と、電磁開閉式吐出弁 1 4 の先端を固定するためのスリーブ 1 5 D とを含んでいる。

【 0 0 3 9 】

噴射デバイス 1 5 A は、その平面図である図 4、及び図 4 の 1 - 1 線に沿った平面で同噴射デバイス 1 5 A を切断した断面図である図 5 に示したように、各辺が互いに直交する X, Y, Z 軸に平行に延びる略直方体形状を有し、順に積層・圧着される複数のセラミックスの薄板体 (以下、「セラミックシート」と称呼する。) 1 5 a ~ 1 5 f と、セラミックシート 1 5 f の外側面 (Z 軸正方向の X - Y 平面に沿った平面) に固着された複数の圧電 / 電歪素子 1 5 g とからなっている。この噴射デバイス 1 5 A は、内部に液体供給通路 1 5 - 1 と、互いに独立した複数の (ここでは各列 7 個で、合計 1 4 個) のチャンバー 1 5 - 2 と、各チャン

バー 15-2 と液体供給通路 15-1 とを連通する複数の液体導入孔 15-3 と、各チャンバー 15-2 と噴射デバイス 15A の外部とを連通させるように各一端が液体噴射空間 21 に実質的に露呈してなる複数の液体吐出用ノズル 15-4 と、液体注入口 15-5 とを備えている。

【0040】

液体供給通路 15-1 は、セラミックシート 15c に形成され、長軸及び短軸がそれぞれ X 軸方向及び Y 軸方向に沿う長円形の切欠き部の側壁面、セラミックシート 15b の平面である上面、及びセラミックシート 15d の平面である下面により画定された空間である。

【0041】

複数のチャンバー 15-2 の各々は、セラミックシート 15e に形成され長軸及び短軸がそれぞれ Y 軸方向及び X 軸方向に沿う長円形の切欠き部の側壁面、セラミックシート 15d の上面、及びセラミックシート 15f の下面により画定された長尺空間（長手方向を有する液体の流路部）である。各チャンバー 15-2 の Y 軸方向の一端部は、液体供給通路 15-1 の上部にまで延びていて、各チャンバー 15-2 は、この一端部にてセラミックシート 15d に設けられた直径 d を有する中空円筒状の液体導入孔 15-3 により液体供給通路 15-1 と連通している。なお、以下においては、前記直径 d を単に「導入孔直径 d」とも称呼する。また、各チャンバー 15-2 の Y 軸方向の他の端部は、前記液体吐出用ノズル 15-4 の他端に接続されている。以上の構成により、前記チャンバー 15-2（流路部）には、液体導入孔 15-3 から液体吐出用ノズル 15-4 に向けて液体が流れるようになっている。

【0042】

複数の液体吐出用ノズル 15-4 の各々は、セラミックシート 15a に設けられた直径が D である中空円筒状の貫通孔であって前記液体噴射空間 21 に実質的に露呈した一端（液体噴射口、液体噴射空間に露呈した開口）15-4a と、同液体噴射口 15-4a からチャンバー 15-2 に向かって順次大きさ（直径）が大きくなる各セラミックシート 15b～15d に形成された中空円筒状の連通孔 15-4b～15-4d とにより形成されている。各液体吐出用ノズル 15-4

の軸線はZ軸と平行となっている。なお、以下においては、前記直径Dを単に「ノズル直径D」とも称呼する。

【0043】

液体注入口15-5は、噴射デバイス15AのX軸正方向端部でY軸方向の略中央部においてセラミックシート15d~15fに設けられた円筒形の貫通孔の側壁により形成された空間であり、液体供給通路15-1と噴射デバイス15Aの外部とを連通するようになっている。液体注入口15-5はセラミックシート15dと15cとの境界平面内にある仮想平面で液体供給通路15-1の上部と接続されている。この仮想平面と対向する液体供給通路15-1を構成する部分、即ち、セラミックシート15bの上面は同仮想平面と平行な平面部となっている。

【0044】

ここで、上記各チャンバー15-2の形状、及び大きさについて付言すると、各チャンバー15-2は、それぞれの長手方向（Y軸方向）中央部（流路部）において、液体の流れる方向と直交する平面（X-Z平面）にて切断した同流路部の断面の形状が略長方形となっている。また、長尺形状である流路部の長軸L（Y軸に沿った長さ）及び短軸W（X軸に沿った長さであって、前記長方形の一辺の長さ）は、それぞれ3.5mmと0.35mmであり、その高さT（Z軸に沿った長さであって、前記長方形の一辺に直交する辺の長さ）は、0.15mmである。即ち、流路部の断面の形状である長方形において、圧電／電歪素子を備えた一辺（短軸W）の長さに対する、同一辺に直交する辺の長さ（高さT）の比（ T/W ）は、 $0.15/0.35=0.43$ であり、この比（ T/W ）は0より大きく1より小さいことが望ましい。このように、比（ T/W ）を選択すれば、圧電／電歪素子15gの振動エネルギーを、チャンバー15-2内の燃料に効率良く伝達することができる。

【0045】

また、液体吐出用ノズルの端部15-4aの直径Dと、液体導入孔15-3の直径dは、それぞれ0.031mm、0.025mmとした。この場合、前記チャンバー15-2の流路の断面の面積 $S_1 (=W \times T)$ は、液体吐出用ノズルの

端部 15-4 a の断面積 $S_2 (= \pi \cdot (D/2)^2)$ よりも大きく、且つ、液体導入孔 15-3 の断面積 $S_3 (= \pi \cdot (d/2)^2)$ よりも大きいことが望ましい。また、液体の微粒子化のためには、断面積 S_2 は断面積 S_3 より大きいことが望ましい。

【0046】

各圧電／電歪素子 15 g は、平面視で（Z 軸正方向から見て）各チャンバー 15-2 よりも僅かに小さく、同平面視でチャンバー 15-2 の内側に配設されるようにセラミックシート 15 f の上面（チャンバー 15-2 の前記流路部の断面である四角形の一辺を含む壁面）に固着されていて、同各圧電／電歪素子 15 g の上面及び下面に設けられた図示しない電極間に電気制御装置 30 の圧電素子駆動信号発生手段（回路）によって付与される圧電素子駆動信号 DV（圧電／電歪素子駆動信号 DV とも云う。）に基づき作動して（駆動されて）、同セラミックシート 15 f（チャンバー 15-2 の上壁）を変形させ、これにより、チャンバー 15-2 の容積を ΔV だけ変化させるようになっている。

【0047】

上記セラミックシート 15 a ～ 15 f と、その積層体の形成方法については、下記の方法を採用した。

- 1；粒径が 0.1 ～ 数 μm のジルコニア粉末を用いてセラミックグリーンシートを形成する。
- 2；このセラミックグリーンシートに対し、金型パンチとダイを用いた打ち抜き加工を施し、図 5 に示したセラミックシート 15 a ～ 15 e に対応する切欠き部（チャンバー 15-2、液体導入孔 15-3、液体供給通路 15-1、液体吐出用ノズル 15-4、液体注入口 15-5（図 4 を参照）に対応する空隙）を形成する。
- 3；各セラミックグリーンシートを積層、加熱圧着後、 $1550^\circ\text{C} - 2\text{h}$ にて焼成、一体化する。

【0048】

こうして出来あがったセラミックシートの積層体のチャンバー部分に相当する個所の上面に、電極に挟持された圧電／電歪素子 15 g を形成する。以上により

、噴射デバイス15Aが作製される。このように噴射デバイス15Aをジルコニアセラミックスで一体的に形成すれば、ジルコニアセラミックスの特性により、圧電／電歪素子15gによる壁面15fの頻繁な変形に対して高い耐久性を維持し得るとともに、複数の液体吐出用ノズル15-4、15-4…を有する液体噴射デバイスを、全長で数cm以下という小ささで実現でき、且つ、安価に容易に製造することが可能になる。

【0049】

かかる噴射デバイス15Aは、図2及び図3に示したように、噴射デバイス固定板15Bに固定されている。この噴射デバイス固定板15Bは、平面視において噴射デバイス15Aよりも僅かだけ大きい長形状を有するとともに、噴射デバイス15Aを固定した状態において、同噴射デバイス15Aの各液体噴射口15-4aに対向する位置に図示しない貫通孔を備え、この貫通孔を介して各液体噴射口15-4aを外部に露呈させるようになっている。また、噴射デバイス固定板15Bは、その周辺部において保持ユニット15Cに固定・保持されている。

【0050】

保持ユニット15Cは、平面視における外形が前記噴射デバイス固定板15Bと同一形状を有し、図1に示したように、その周辺部において図示しないボルトにより内燃機関の吸気管20に固定されるようになっている。この保持ユニット15Cは、図2に示したように、その中央部に電磁開閉式吐出弁14の外筒部14cの直径よりも僅かに大きい直径の貫通孔を有して、その貫通孔に外筒部14cが挿入されるようになっている。

【0051】

スリーブ（密閉空間形成部材）15Dは、図2及び図3に示したように、その内径が電磁開閉式吐出弁14の外筒部14cの外径と等しく、その外径が保持ユニット15Cの前記貫通孔の内径と等しい円筒形状を有している。スリーブ15Dの一端は閉塞され、他端は開放されていて、図3に示したように、前記閉塞された端部の中央には噴射デバイス15Aの液体注入口15-5と略等しい径を有する開口15D-1が設けられている。また、開口15D-1を形成する内周側

壁面であって前記閉塞された端部の外側には、リング溝 15D-1a が形成されている。

【0052】

そして、電磁開閉式吐出弁 14 の外筒部 14c は、スリーブ 15D の開放端側から同スリーブ 15D の閉塞端の内側に当接するまで圧入され、スリーブ 15D は保持ユニット 15C の前記貫通孔内に圧入される。このとき、前記リング溝 15D-1a に挿入されたリング 16 は、噴射デバイス 15A のセラミックシート 15f に当接される。

【0053】

以上により、電磁開閉式吐出弁 14 と噴射ユニット 15 とが一体に組み付けられ、電磁開閉式吐出弁 14 の吐出孔 14c-2 (吐出孔 14c-2 が形成されている電磁開閉式噴射弁 14 の外筒部 14c の閉塞端面 (閉塞端面外側)、又は、円筒状の外筒部 14c の吐出孔 14c-2 形成面外側と言うこともできる部分) と噴射デバイス 15A の液体注入口 15-5 との間に、中空円筒状の密閉空間が形成される。また、この状態で、スリーブ 15D の開口 (中空円筒状密閉空間) 15D-1 の中心軸線は、噴射デバイス 15A の液体注入口 15-5 の中心軸線と一致せしめられるとともに、ニードル弁 14d の中心軸線 CL と一致せしめられる。以上、説明したように、スリーブ 15D は、前記電磁開閉式吐出弁 14 の吐出孔 14c-2 と前記噴射デバイス 15A の液体注入口 (液体注入部) 15-5 との間に配置され、同吐出孔 14c-2 と同液体注入口 15-5 との間に同液体注入口 15-5 と実質的に同径で、同液体注入口 15-5 及びニードル弁 14d の各中心軸線 CL と中心軸線が一致した中空円筒状の密閉空間を形成するようになっている。

【0054】

また、前述したように、前記吐出孔 14c-2 はニードル弁 14d の軸線 (従って、中空円筒状密閉空間の軸線) CL に対して角度 θ だけ傾斜しているから、電磁開閉式吐出弁 14 から吐出される燃料はスリーブ 15D の開口 15D-1 の内部 (即ち、前記中空円筒状の密閉空間) において噴射デバイス 15A に近づくにつれて軸線 CL に対し角度 θ を持って広がる。換言すると、吐出孔 14c-2

から吐出された燃料の前記中空円筒状密閉空間の中心軸線CLからの距離が、吐出孔14c-2から前記液体注入口15-5に向う距離の増大に伴って増大する。

【0055】

そして、本実施形態においては、そのように吐出される燃料が、スリーブ15Dの開口15D-1（即ち、前記中空円筒状の密閉空間）を形成する内周壁面（Oリング溝15D-1aの内周壁面を除く）、及びその内周壁面を液体供給通路15-1の前記平面部（セラミックシート15bの上面）まで仮想的に延長して形成される壁面WP（図3において二点鎖線の仮想線により示す）に到達する前に、液体供給通路15-1の同平面部に到達するように、前記角度 θ が決定されている。

【0056】

換言すると、前記電磁開閉式吐出弁14は、前記吐出孔14c-2から吐出される液体の吐出流線（図3に一点鎖線DLで示す）が、前記スリーブ15Dの密閉空間を構成する中空円筒の側壁15D-1及び同側壁15D-1を前記液体供給通路15-1の平面部まで仮想的に延長した側壁WPと交差することなく同液体供給通路15-1の平面部と直接交差するように配置構成されている。

【0057】

以上の構成により、電磁開閉式吐出弁14の吐出孔14c-2から液体注入口15-5を介して液体供給通路15-1に吐出・供給された燃料は、各液体導入孔15-3を介して各チャンバー15-2内に導入される。そして、燃料は、各チャンバー15-2内において振動エネルギーが与えられ、液体吐出用ノズル15-4を介して液体噴射口15-4aから噴射デバイス固定板15Bの貫通孔を介して微細な（微粒子化された）液滴として吸気管20内に噴射される。

【0058】

電気制御装置30は、図6に示したように、エンジン電子制御ユニット31と、エンジン電子制御ユニット31に接続された燃料噴射電子制御回路32とを備えている。

【0059】

エンジン電子制御ユニット 3 1 は、周知のエンジン回転速度センサ 3 3、周知の吸気管圧力センサ 3 4、及び液体供給通路内圧力センサ 3 5 等のセンサと接続されていて、これらのセンサからエンジン回転速度 N や吸気管圧力 P を入力して内燃機関に必要な燃料量及び噴射開始タイミングを決定するとともに、同決定した燃料量及び噴射開始タイミングに関する駆動電圧信号等を燃料噴射電子制御回路 3 2 に送出するようになっている。

【 0 0 6 0 】

液体供給通路内圧力センサ（圧力検出手段） 3 5 は、液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力を検出するためのセンサであって、図 4 及び図 5 に示したように、液体供給通路 1 5 - 1 の Z 軸方向上部であって、セラミックシート 1 5 f の上面に固定されている。液体供給通路 1 5 - 1 は、この液体供給通路内圧力センサ 3 5 が配置された位置のセラミックシート 1 5 f の下面まで Z 軸方向に延びる連通路を有している。従って、セラミックシート 1 5 f は液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力に応じて変形する。液体供給通路内圧力センサ 3 5 は、圧電体又はピエゾ抵抗素子からなっていて、セラミックシート 1 5 f の変形に応じた電圧信号を発生する。

【 0 0 6 1 】

なお、以下において、液体供給通路内圧力センサ 3 5 により検出された液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力を「通路内検出液圧 P_S 」とも称呼する。また、液体供給通路内圧力センサ 3 5 は、電磁開閉式吐出弁 1 4 の吐出孔 1 4 c - 2 から液体吐出用ノズル 1 5 - 4 の液体噴射口 1 5 - 4 a（液体噴射空間 2 1 に露呈した液体吐出用ノズル 1 5 - 4 の一端）までの液体通路内の何れかの部位における液体の圧力を検出する圧力検出手段であればよい。即ち、圧力検出手段は、液体注入口 1 5 - 5、チャンバー 1 5 - 2、又は液体吐出用ノズル 1 5 - 4 に配設された圧力センサ（圧電体、ピエゾ抵抗素子等）であってもよい。なお、液体注入口 1 5 - 5、チャンバー 1 5 - 2、又は液体吐出用ノズル 1 5 - 4 に配設されるとは、液体注入口 1 5 - 5、チャンバー 1 5 - 2、又は液体吐出用ノズル 1 5 - 4 の各部内の液体の圧力が取り出される箇所に配設されていることを意味する。

【0062】

更に、液体供給通路内圧力センサ35は、ローパスフィルタを備え、検出信号をローパスフィルタによりフィルタリングすることにより液体供給通路15-1内の液体の時間的な平均値を表す信号を取得し、その取得した信号を通路内検出液圧PSとしてエンジン電子制御ユニット31等に出力してもよい。また、かかるフィルタリングをエンジン電子制御ユニット31内でソフトウェアにより行ってもよい。

【0063】

燃料噴射電子制御回路32は、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32a、電磁開閉式吐出弁駆動回路部32b及び圧電／電歪素子駆動回路部32cを備えている。燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、エンジン電子制御ユニット31からの前記駆動電圧信号を受信し、この受信した駆動電圧信号に基く制御信号を電磁開閉式吐出弁駆動回路部32b及び圧電／電歪素子駆動回路部32cに送出するようになっている。なお、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、液体供給通路内圧力センサ35からの通路内検出液圧PSを必要に応じて入力するようになっている。

【0064】

電磁開閉式吐出弁駆動回路部32bは、タイムチャートである図7に示したように、矩形波の電磁弁開閉用信号を電磁開閉式吐出弁14の図示しない電磁機構に出力するようになっている。電磁弁開閉用信号が発生されると（即ち、ハイレベル信号（開弁信号）となると）、電磁開閉式吐出弁14のニードル弁14dが移動せしめられて吐出孔14c-2を開放するので、電磁開閉式吐出弁14から噴射デバイス15Aの液体注入口15-5を介して液体供給通路15-1内に燃料が吐出される。これに対し、電磁弁開閉用信号の発生が停止されると（即ち、ローレベル信号（閉弁信号）となると）、ニードル弁14dが吐出孔14c-2を閉鎖するので、燃料の液体供給通路15-1内への吐出が停止される。

【0065】

圧電／電歪素子駆動回路部32cは、図7に示したように、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aからの制御信号に基いて、圧電／電歪素子15gの図

示しない電極間に周波数 f （周期 $T = 1/f$ ）の圧電素子駆動信号 DV を出力するようになっている。この圧電素子駆動信号 DV は、 0 （V）から所定の最大電位 V_{\max} （V）まで急激に増大し、その後同最大電位 V_{\max} を短時間だけ維持した後、急激に 0 （V）に向かって減少する波形を有している。

【0066】

前記圧電素子駆動信号 DV の駆動周波数 f は、チャンバー 15-2 の構造、液体吐出用ノズル 15-4 の構造、ノズル直径 D 、導入孔直径 d 、圧電／電歪素子 15g のセラミックシート 15f の変形を発生させる部分の形状、及び液体の種類等により決定される噴射デバイス 15A の共振周波数（固有振動数）と等しい、例えば、50kHz 近傍の周波数に設定されている。

【0067】

なお、電磁弁開閉用信号が発生されている（ハイレベル信号となっている）状態が継続すると、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力は一定の高圧力に収束し、液体は液体吐出用ノズル 15-4 から噴射され続ける。また、電磁弁開閉用信号の発生が停止されている（ローレベル信号となっている）状態が継続すると、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力は一定の低圧力に収束する。このとき、液体は液体吐出用ノズル 15-4 から噴射されない。

【0068】

ここで、上記電磁開閉式吐出弁駆動回路部 32b 及び上記圧電／電歪素子駆動回路部 32c の構成及び作動について、図 7 及びこれらの電気回路図である図 8 を参照しながら詳細に説明する。

【0069】

電磁開閉式吐出弁駆動回路部 32b は、図 8 に示したように、2 個のシュミットトリガ回路 $ST1$ 、 $ST2$ 、3 個の電界効果トランジスタ（MOS FET） $MS1 \sim MS3$ 、複数の抵抗 $RST1$ 、 $RST2$ 、 $RS1 \sim RS4$ 、及び 1 個のコンデンサ CS を含んで構成されている。このうち、抵抗 $RST1$ 、 $RST2$ は、それぞれシュミットトリガ回路 $ST1$ 、 $ST2$ の出力電流制限用抵抗である。

【0070】

図 7 に示したように、エンジン電子制御ユニット 31 から燃料噴射制御用マイ

クロコンピュータ 32a に対してローレベル信号からハイレベル信号に変化する駆動電圧信号が送出されると、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a からシュミットトリガ回路 ST1 にハイレベル信号からローレベル信号に変化する信号（図示省略）が送出される。また、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a からシュミットトリガ回路 ST2 にローレベル信号からハイレベル信号に変化する信号（図示省略）が送出される。

【0071】

これにより、シュミットトリガ回路 ST1 はハイレベル信号を出力する。従って、電界効果トランジスタ MS3 はオン状態（導通状態）となり、この結果、電界効果トランジスタ MS1 もオン状態となる。また、シュミットトリガ回路 ST2 はローレベル信号を出力するようになるので、電界効果トランジスタ MS2 はオフ状態（非導通状態）となる。

【0072】

これにより、電源電圧 VP1 がコンデンサ CS 及び電磁開閉式吐出弁 14（の電磁機構）に印加され、コンデンサ CS が充電される。このとき、電磁開閉式吐出弁 14 には電流が流れ、インダクタ成分による所定の遅れ時間（所謂、無効噴射時間）Td の経過後にニードル弁 14d が移動を開始する。この結果、電磁開閉式吐出弁 14 から液体供給通路 15-1 への液体の吐出が開始し、液体供給通路 15-1 内の液体圧力が一定の低圧力から上昇を開始する。

【0073】

一方、エンジン電子制御ユニット 31 から燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a に対してハイレベル信号からローレベル信号に変化する駆動電圧信号が送出されると、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a からシュミットトリガ回路 ST1 にローレベル信号からハイレベル信号に変化する制御信号（図示省略）が送出される。また、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a からシュミットトリガ回路 ST2 にハイレベル信号からローレベル信号に変化する制御信号（図示省略）が送出される。

【0074】

これにより、シュミットトリガ回路 ST1 はローレベル信号を出力する。従っ

て、電界効果トランジスタMS3はオフ状態となるので、電界効果トランジスタMS1はオフ状態となる。また、シュミットトリガ回路ST2はハイレベル信号を出力するようになるので、電界効果トランジスタMS2はオン状態となる。この結果、電源電圧VP1がコンデンサCS及び電磁開閉式吐出弁14（の電磁機構）に印加されなくなるとともに、コンデンサCSは電界効果トランジスタMS2を介して接地され、同コンデンサCSに充電されていた電荷が放電される。このため、電磁開閉式吐出弁14の通電が停止され、電界効果トランジスタMS2がオン状態となってから所定の時間後にニードル弁14dが初期位置に向けて移動を開始する。従って、電磁開閉式吐出弁14から液体供給通路15-1への液体の吐出量が減少し、この結果、液体供給通路15-1内の液体圧力が前記一定の高圧力から前記一定の低圧力に向けて減少する。

【0075】

以上が電磁開閉式吐出弁駆動回路部32bの作動である。なお、コンデンサCSは電磁開閉式吐出弁14の電磁機構に電源電圧VP1を印加したとき、同電磁機構に印加される電圧を保持するように機能している。次に、圧電／電歪素子駆動回路部32cについて説明する。

【0076】

圧電／電歪素子駆動回路部32cは、図8に示したように、2個のシュミットトリガ回路ST11、ST12、3個の電界効果トランジスタ（MOS FET）MS11～MS13、複数の抵抗RST11、RST12、RS11～RS14、及び2個のコイルL1、L2を含んで構成されている。このうち、抵抗RST11、RST12は、それぞれシュミットトリガ回路ST11、ST12の出力電流制限用抵抗である。

【0077】

図7に示したように、エンジン電子制御ユニット31から燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aに対してローレベル信号からハイレベル信号に変化する駆動電圧信号（この場合、圧電素子作動指示信号とも呼ぶことができる。）が送出されると、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、この信号に基づいて周期T（周波数 $f = 1/T$ ）の経過毎に、シュミットトリガ回路ST11に対し

一定幅のパルス（一定の電圧から所定時間だけ 0（V）となり、その後同一一定の電圧に復帰する方形波）を制御信号（図示省略）として出力する。また、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は、シュミットトリガ回路 ST12 に対し、シュミットトリガ回路 ST11 への制御信号から僅かに遅れて同様なパルスを制御信号として出力する。

【0078】

いま、シュミットトリガ回路 ST11 に対してパルスが入力されると、シュミットトリガ回路 ST11 はハイレベル信号を出力する。従って、電界効果トランジスタ MS13 はオン状態となり、この結果、電界効果トランジスタ MS11 もオン状態となる。この時刻では、シュミットトリガ回路 ST12 はローレベル信号を出力しているので、電界効果トランジスタ MS12 はオフ状態を維持している。これにより、電源電圧 VP2 がコイル L1 及び抵抗 RS11 を介して圧電／電歪素子 15g に印加されるので、同圧電／電歪素子 15g がセラミックシート 15f を変形させ、チャンバー 15-2 の容積が減少する。

【0079】

その後、シュミットトリガ回路 ST11 に入力されているパルスが消滅する。これにより、シュミットトリガ回路 ST11 はローレベル信号を出力するようになるので、電界効果トランジスタ MS13 及び MS11 がともにオフ状態となる。この時刻でも、シュミットトリガ回路 ST12 にはパルスは入力されない。従って、シュミットトリガ回路 ST12 はローレベル信号を出力しているため、電界効果トランジスタ MS12 はオフ状態を維持している。この結果、圧電／電歪素子 15g は充電された電荷を保持し、同圧電／電歪素子 15g の電極間電位は最大値 V_{max} に維持される。

【0080】

その後、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は、前述したパルスをシュミットトリガ回路 ST12 のみに入力する。これにより、シュミットトリガ回路 ST12 はハイレベル信号を出力するようになるので、電界効果トランジスタ MS12 はオン状態となる。この結果、圧電／電歪素子 15g は抵抗 RS12、コイル L2、及び電界効果トランジスタ MS12 を介して接地され、圧電／電歪

素子 15 g に充電されていた電荷が放電される。このため、圧電／電歪素子 15 g は初期の形状に復帰し始め、チャンバー 15-2 の容積は増大する。

【0081】

前述したように、このような作動は、周期 T (周波数 $f = 1/T$) の経過毎に繰り返され、これにより、チャンバー 15-2 内の液体に振動エネルギーが伝達される。以上が、圧電／電歪素子駆動回路部 32c の作動である。

【0082】

なお、本明細書において、「電磁弁開閉用信号を発生する」とは、電磁弁 14 に電界効果トランジスタ MS1 等を介して電源電圧 VP1 を印加することを云い、「電磁弁開閉用信号の発生を停止する」とは電磁弁 14 への同電源電圧 VP1 の印加を停止することを云う。また、「圧電素子駆動信号 DV を発生する」とは、圧電／電歪素子 15 g を上記周波数 f (周期 T) で充放電することを云い、「圧電素子駆動信号 DV の発生を停止する」とは圧電／電歪素子 15 g に対して繰り返される上記充放電を停止すること (即ち、圧電／電歪素子 15 g を電界効果トランジスタ MS12 を介して接地し続けることを開始すること) を云う。

【0083】

次に、上記のように構成した液体噴射装置 10 の作動について、図 9 及び図 10 のフローチャートと図 11 のタイムチャートを参照しながら説明する。エンジン電子制御ユニット 31 は、所定時間の経過毎に図 9 に示した駆動電圧信号発生ルーチンを繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、ステップ 900 から処理を開始してステップ 905 に進み、エンジン回転速度 N 及び吸気管圧力 P 等のエンジン運転状態に基づいて電磁開閉式吐出弁 14 を開弁させて燃料を噴射している時間 (燃料吐出時間 T_{fuel}) を決定する。

【0084】

次いで、エンジン電子制御ユニット 31 は、ステップ 915 に進んで燃料の吐出を開始し始めるタイミング (燃料噴射開始タイミング) を決定する。燃料噴射開始タイミングはエンジンの吸気上死点前のクランク角度として求められ、そのクランク角度がエンジン回転速度 N とエンジン電子制御ユニット 31 のタイマーが示す現在の時刻とにより同タイマーが示す時刻に変換される。ここでは、今回

の燃料噴射開始タイミングが図11の時刻 t_3 であるとする。

【0085】

次に、エンジン電子制御ユニット31は、ステップ910にて現時点が駆動電圧信号の発生タイミングであるか否かを判定する。この駆動電圧発生タイミングは、燃料噴射開始タイミングである時刻 t_3 から僅かな時間（電磁開閉式吐出弁14の電磁機構が有するインダクタンスに起因する遅れ時間である、所謂、無効噴射時間 T_d ）だけ前の時刻 t_1 である。そして、現時点が駆動電圧発生タイミングでなければ、エンジン電子制御ユニット31はステップ915にて「No」と判定してステップ995に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0086】

一方、現時点が駆動電圧発生タイミングであると、エンジン電子制御ユニット31はステップ915にて「Yes」と判定してステップ920に進み、駆動電圧信号を発生する。そして、エンジン電子制御ユニット31は、ステップ925にて、現在の時刻に無効噴射時間 T_d 及び燃料吐出時間 T_{fuel} を加えた時刻（図11の例では時刻 t_5 ）を駆動電圧信号終了時刻として図示しないレジスタに設定し、ステップ995に進んで本ルーチンを一旦終了する。これにより、エンジン電子制御ユニット31のタイマーの時刻が駆動電圧信号終了時刻と一致すると、エンジン電子制御ユニット31は駆動電圧信号の発生を終了する。以上の作動により、時刻 $t_1 \sim t_5$ の期間、ハイレベルの駆動電圧信号が燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aに送出される。

【0087】

燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、時刻 t_1 にて駆動電圧信号をエンジン電子制御ユニット31から受信すると、電磁開閉式吐出弁駆動回路部32bに前述した制御信号を送出する。この結果、電磁開閉式吐出弁駆動回路部32bは、電磁弁開閉用信号（ハイレベル信号）を電磁開閉式吐出弁14に対して発生するので、時刻 t_1 から僅かに遅れた時刻 t_2 となるとニードル弁14dの移動が開始して吐出孔14c-2が開放され始める。

【0088】

これにより、燃料通路14b内の燃料が吐出孔14c-2からスリーブ15D

の中空円筒状密閉空間及び噴射デバイス 1 5 A の液体注入口 1 5 - 5 を介して同噴射デバイス 1 5 A の液体供給通路 1 5 - 1 内に吐出・供給され始める。この結果、液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力は、図 1 1 (C) に示したように、時刻 t_2 にて上昇を開始する。そして、無効噴射時間 T_d が経過して時刻 t_3 になると、液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力が低圧側閾値（第 2 の所定値） PLo 以上となり、図 1 2 に示したように、燃料が液体噴射口 1 5 - 4 a の端面から吸気管 2 0 内の液体噴射空間 2 1 に向けて押し出される（噴射される）。

【0089】

エンジン電子制御ユニット 3 1 は、また、所定時間の経過毎に図 1 0 に示した圧電素子作動指示信号発生ルーチンを繰り返し実行している。従って、所定のタイミングになると、ステップ 1 0 0 0 から処理を開始してステップ 1 0 0 5 に進み、液体供給通路内圧力センサ 3 5 によって検出される通路内検出液圧 PS が低圧側閾値 PLo より大きいか否かを判定する。低圧側閾値 PLo は、前述したように、燃料噴射空間 2 1 に燃料が噴射されるために必要な最小の液体供給通路 1 5 - 1 内の液体圧力（従って、チャンバー 1 5 - 2 内の液体圧力）であり、「0」に極めて近い値である。なお、低圧側閾値 PLo は「0」であってもよい。

【0090】

いま、時刻 t_1 よりも前であって、駆動電圧信号が発生されていないとすると、液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力は一定の低圧力であって、低圧側閾値 PLo よりも小さい。従って、エンジン電子制御ユニット 3 1 はステップ 1 0 0 5 にて「No」と判定してステップ 1 0 1 0 に進み、圧電素子作動指示信号の発生を停止し、ステップ 1 0 9 5 に進んで本ルーチンを一旦終了する。なお、この時点では圧電素子作動指示信号は発生していないので、ステップ 1 0 1 0 の処理は圧電素子作動指示信号が発生させないようにする確認的処理である。

【0091】

その後、時刻 t_1 にて駆動電圧信号が発生され、時刻 t_3 以降において液体供給通路 1 5 - 1 内の圧力 PS が低圧側閾値 PLo より大きくなると、エンジン電子制御ユニット 3 1 はステップ 1 0 0 5 に進んだとき「Yes」と判定してステップ 1 0 1 5 に進み、通路内検出液圧 PS が高圧側閾値 PHi （第 1 の所定値）以

上であるか否かを判定する。高圧側閾値 P_{Hi} は、前述した一定の高圧力（電磁弁開閉用信号が発生されている状態が継続したときの液体供給通路15-1内の液体の圧力）よりも僅かに小さい値、又は、同一定の高圧力と等しい値である。

【0092】

この時点（時刻 t_3 直後）では、液体供給通路内の圧力 P_S は低圧側閾値 P_{Lo} を超えた直後であって高圧側閾値 P_{Hi} 以上となっていない。従って、エンジン電子制御ユニット31はステップ1015にて「No」と判定してステップ1020に進み、同ステップ1020にて圧電素子作動指示信号を発生し、その後、ステップ1095に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0093】

これにより、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、圧電素子作動指示信号を受信する。従って、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは圧電／電歪素子駆動回路部32cに制御信号を送出し、時刻 t_3 から周波数 f の圧電素子駆動信号 DV を圧電／電歪素子15gの電極間に対して発生する。

【0094】

この結果、図12に示したように、圧電／電歪素子15gの作動による振動エネルギーがチャンバー15-2内において燃料に加えられるので、液体噴射口15-4aの端面から液体噴射空間21に向けて押し出される燃料にくびれ部が発生する。これにより、燃料はその先端部においてくびれ部からちぎれるように離脱する。この結果、均一で精細に微粒子化された燃料が吸気管20内に噴射される。

【0095】

その後、時間が経過して時刻 t_4 になると、液体供給通路15-1内の圧力は高圧側閾値 P_{Hi} 以上となる。このため、エンジン電子制御ユニット31は、ステップ1005及びステップ1015の両ステップにて「Yes」と判定してステップ1010に進み、圧電素子作動指示信号を停止する。この結果、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、圧電／電歪素子駆動回路部32cに圧電素子駆動信号 DV の発生を停止させる。

【0096】

次に、時刻 t_5 になると、前述したように駆動電圧信号が消滅されるので、電磁弁開閉用信号が消滅する。この結果、所定の時間が経過すると、コンデンサ C_S の放電が進んで電磁開閉式吐出弁 14 が閉弁を開始するので、液体供給通路 15-1 内の圧力は高圧側閾値 P_{Hi} 以上の値から「0」に向けて減少し始め、時刻 t_6 にて高圧側閾値 P_{Hi} 以下の値となる。このとき、エンジン電子制御ユニット 31 が図 10 に示したルーチンを実行すると、ステップ 1005 にて「Yes」、続くステップ 1015 にて「No」と判定するようになり、ステップ 1020 に進んで圧電素子作動指示信号を再び発生する。

【0097】

この結果、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は圧電／電歪素子駆動回路部 32c に圧電素子駆動信号 DV を発生させるので、再び、圧電／電歪素子 15g の作動による振動エネルギーがチャンバー 15-2 内の燃料に加えられ、燃料の微粒子化が行われる。

【0098】

その後、時刻 t_7 になると、液体供給通路 15-1 内の圧力は低圧側閾値 P_{Lo} 以下となる。このため、エンジン電子制御ユニット 31 は図 10 のルーチンを実行するとき、ステップ 1005 にて「No」と判定してステップ 1010 に進み、圧電素子作動指示信号を停止する。この結果、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は、圧電／電歪素子駆動回路部 32c に圧電素子駆動信号 DV の発生を停止させる。そして、時刻 t_8 にて、液体供給通路 15-1 内の圧力は「0」（一定の低圧力）となる。

【0099】

以上が、一回の燃料噴射における液体噴射装置 10 の作動である。このように、液体噴射装置 10（電気制御装置 30）は、通路内検出液圧 PS に基づいて圧電素子駆動信号 DV を変更する。即ち、液体噴射装置 10 は、電磁弁開閉用信号の発生又は同電磁弁開閉用信号の発生の停止により通路内検出液圧 PS が増大又は減少しているとき（時刻 $t_3 \sim t_4$ 、時刻 $t_6 \sim t_7$ ）、圧電素子駆動信号 DV を発生させて圧電／電歪素子 15g を作動させるとともに、電磁弁開閉用信号の消滅により通路内検出液圧 PS が一定の低圧力（低圧側閾値 P_{Lo} より小さい圧

力) となっているとき (時刻 t_3 まで及び時刻 t_7 以降) 圧電素子駆動信号 DV を発生せず、圧電/電歪素子 15 g の作動を停止する。また、液体噴射装置 10 は、通路内検出液圧 PS が高圧側閾値 PHi 以上の一定の高圧力となっているとき 圧電素子駆動信号 DV を発生せず、圧電/電歪素子 15 g の作動を停止する。

【0100】

以上、説明したように、液体噴射装置 10 は、加圧手段 (加圧ポンプ 11) で加圧された液体が電磁開閉式吐出弁 14 から噴射デバイス 15 A へと吐出され、その液体は噴射デバイス 15 A のチャンバー 15-2 の容積変化により微粒子化された後に液体吐出用ノズル 15-4 から噴射される。このように、液体噴射空間 21 への液体噴射に必要な圧力は加圧手段 (加圧ポンプ 11) により発生されることから、適用する機械の運転条件等の変動などにより、液体噴射空間 21 の環境 (例えば、圧力や温度) が激しく変動しても、同液体を所望の微細な粒子として安定して噴射、供給することができる。

【0101】

さらに、電気制御装置 30 は、少なくとも電磁弁開閉用信号の発生により液体供給通路内の液体の圧力が増大しているとき (通路内検出液圧 PS が増大している時刻 $t_3 \sim t_4$)、又は電磁弁開閉用信号の発生の停止により液体供給通路内の液体の圧力が減少しているとき (通路内検出液圧 PS が減少している時刻 $t_6 \sim t_7$)、圧電/電歪素子 15 g を作動させる。従って、液体の圧力が増大又は減少中であって同液体の噴射圧力が比較的小さいため、液体の噴射速度が十分ではなく、同液体を十分には微粒子化し難い場合であっても、圧電/電歪素子 15 g の作動によるチャンバー 15-2 の容積変化により同液体を適切に微粒子化することができる。

【0102】

また、電磁弁開閉用信号が消滅して液体供給通路 15-1 内の液体の圧力が一定の低圧力であるとき、即ち、液体が噴射デバイス 15 A の液体吐出用ノズル 15-4 から液体噴射空間 21 に噴射されることがないとき、噴射デバイス 15 A は液体を微粒子化するための作動を行う必要がない。そこで電気制御装置 30 は、通路内検出液圧 PS が低圧側閾値 PLo 以下の場合、圧電素子駆動信号 DV を発

生しないように構成されている。これにより、液体噴射装置 10 による無駄な電力消費を回避することができる。

【0103】

更に、液体噴射装置 10 は、通路内検出液圧 P_S が高圧側閾値 P_{Hi} 以上の高圧力となっているとき圧電素子駆動信号 DV を発生せず、圧電／電歪素子 15g の作動を停止するようになっている。

【0104】

電磁弁開閉用信号が発生されることにより液体供給通路 15-1 内の液体の圧力が十分大きな圧力（高圧側閾値 P_{Hi} を超える前記一定の高圧力）にまで増大すると、噴射デバイス 15A の液体吐出用ノズル 15-4 から液体噴射空間 21 に噴射される液体の速度（噴射速度、或いは、液柱の移動速度）は十分に大きくなり、液体は表面張力により粒径が比較的小さい液滴となる。従って、このような場合（時刻 $t_4 \sim t_6$ ）は、圧電素子駆動信号 DV を発生しないようにすることで、液体噴射装置 10 は、その消費電力を低減することができる。

【0105】

なお、上記実施形態において、電磁開閉式吐出弁 14 から吐出される液体の単位時間あたりの吐出量（吐出流量）を Q (cc/分) とし、電磁開閉式吐出弁 14 から噴射デバイス 15A の吐出用ノズル 15-4 の先端までの間に形成される液体流路の体積を V (cc) とするとき、その比 (V/Q) が 0.03 以下となるように構成しておくことが好適である。

【0106】

ここで、前記体積 V は、スリーブ 15D が形成する中空円筒状密閉空間、液体注入口 15-5、液体供給通路 15-1、チャンバー 15-2、液体導入孔 15-3、及び液体吐出用ノズル 15-4 の体積の総和である。

【0107】

また、電磁弁開閉用信号がハイレベル信号となっている時間を内燃機関の吸気弁 22 が開弁している時間内のみとなるように設定することが好適である。このようにすれば、液体噴射装置 10 により噴射された燃料が吸気弁 22 に到達したときには同吸気弁 22 が開弁しており、同燃料が吸気弁 22 の背面などに付着す

ることなく直接的に気筒内に吸入されるように構成することができ、微粒子化して噴射された燃料が直接気筒内に吸入されることになる。この結果、噴射された燃料が吸気弁22や吸気管20の壁面に付着することがないので、内燃機関の燃費の向上及び排出ガス中の未燃ガス量の低減を図ることができる。

【0108】

なお、液体吐出用ノズル15-4から噴射される微粒子化された燃料（液滴、噴霧滴）の速度を、吸気弁22のリフト量及び／又は吸気管内の吸気流速（風速）に応じて変更することが好適である。これによれば、微粒子化されて噴射された燃料が壁面に一層付着し難くなるので、燃料を直接的に気筒内に吸入させることができる。液体吐出用ノズル15-4から噴射される微粒子化された燃料の速度は、例えば、電磁開閉式吐出弁14に供給される燃料の圧力（燃圧）を変更することにより、変更することができる。また、その燃圧は、プレッシャレギュレータ13の調整圧を変更すること、あるいは、プレッシャレギュレータ13を備えない場合等においては、加圧ポンプ11の吐出圧を変更することにより、変更することができる。

【0109】

次に、本発明による液体噴射装置10の第2実施形態について説明する。第2実施形態に係る液体噴射装置10は、第1実施形態に係る液体噴射装置10に対して、電磁弁開閉用信号及び圧電素子駆動信号DVの発生のさせ方を異ならせた点のみにおいて相違している。従って、以下、係る相違点を中心として、図13のタイムチャートと図14及び図15のフローチャートとを参照しながら説明する。なお、図13の（B）は、後述する電磁弁開閉用信号のデューティ比（又は、平均電流）を示している。

【0110】

第2実施形態においては、電磁開閉式吐出弁14の開弁に基いて液体供給通路15-1内の液体の圧力が前記一定の低圧力よりも高い圧力（この例では、「0」に設定された低圧側閾値 P_{Lo} よりも大きい圧力）となっているとき、換言すると、液体吐出用ノズル15-4から液体が噴射される可能性があるとき、圧電素子駆動信号DVを発生させ続ける（図13の時刻 $t_{22} \sim t_{27}$ を参照。）。

【0111】

また、電磁弁開閉用信号は、その発生開始直後において液体供給通路15-1内の液体の圧力が急激に増大し（時刻 t_{22} ～ t_{23} を参照。）、その後、同圧力の増大時における圧力変化率の絶対値よりも小さい絶対値を有する圧力変化率で同液体供給通路15-1内の液体の圧力が次第に（徐々に）減少するように、発生せしめられる（時刻 t_{23} ～ t_{27} を参照。）。

【0112】

より具体的に述べると、図13の（A）に示したように、エンジン電子制御ユニット31からの駆動電圧信号が時刻 t_{21} にて発生されると、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは電磁開閉式吐出弁駆動回路部32bに電磁弁開閉用信号を発生させる。このとき、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、電磁開閉式吐出弁駆動回路部32bの電界効果トランジスタMS1が連続的にオン状態を維持し、電界効果トランジスタMS2が連続的にオフ状態を維持するように、各シュミットトリガ回路ST1、ST2に制御信号を発生する。換言すると、電磁開閉式吐出弁14に対し、所定の周期 T_p の間に0（V）と電源電圧 V_{P1} （V）との間で変化するパルス状の電圧であって、そのデューティ比（＝（ V_{P1} （V）である時間）／ T_p ）が100%である電圧を付与する。

【0113】

これにより、無効噴射時間 T_d の経過後である時刻 t_{22} にて電磁開閉式吐出弁14のニードル弁14dが最大移動位置に向けて移動を開始し、吐出孔14c-2が開放され始めるので、図13（C）に示したように、液体供給通路15-1内の液体の圧力は所定の増大率 α_1 で急激に上昇を開始する。また、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、時刻 t_{22} 以降において通路内検出液圧 P_S が低圧側閾値 PLo より大きくなるので、圧電／電歪素子駆動回路部32cに圧電素子駆動信号 DV を発生させる。

【0114】

その後、液体供給通路15-1内の液体の圧力が前記一定の高圧になる時刻（この例では、通路内検出液圧 P_S が前記一定の高圧力と等しい値に設定された高圧側閾値 PHi 以上の圧力になる時刻） t_{23} となると、燃料噴射制御用マイクロ

コンピュータ 32a は、電磁開閉式吐出弁 14 に印加されている電磁弁開閉用信号のデューティ比を次第に減少させる。この結果、電磁式開閉吐出弁 14 のニードル弁 14d が初期位置に向けて徐々に移動し始めるので、吐出孔 14c-2 の実質的な開口面積が次第に減少する。従って、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力が所定の減少率 $\alpha 2$ で減少を開始する。このとき減少率 $\alpha 2$ の絶対値は増大率 $\alpha 1$ の絶対値よりも小さくなる。

【0115】

その後、時刻 $t 24$ にてエンジン電子制御ユニット 31 からの駆動電圧信号が消滅すると、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は電磁開閉式吐出弁 14 に印加されている電磁弁開閉用信号の前記デューティ比を更に急激に減少させる。そして、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は、電磁開閉式吐出弁 14 に印加されている電磁弁開閉用信号の前記デューティ比が 0% となる時刻 $t 25$ にて同電磁弁開閉用信号の発生を停止する。

【0116】

この結果、時刻 $t 24$ から、電磁式開閉吐出弁 14 のニードル弁 14d が初期位置に向けてより速く移動するので、吐出孔 14c-2 の実質的な開口面積が急激に減少する。従って、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力は、時刻 $t 24$ より後の時刻 $t 26$ から前記減少率 $\alpha 2$ の絶対値よりも大きい絶対値を有する所定の減少率 $\alpha 3$ で急激な減少を開始し、時刻 $t 27$ にて前記一定の低圧力となる。なお、時刻 $t 24$ から時刻 $t 26$ までの時間は、ニードル弁 14d の作動遅れにより生じるである。

【0117】

一方、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は、時刻 $t 22$ から圧電素子駆動信号 DV を発生させ続けていて、通路内検出液圧 PS が低圧側閾値 PLo 以下となる時刻 $t 27$ となると、同圧電素子駆動信号 DV の発生を停止させる。

【0118】

このような制御を行うため、エンジン電子制御ユニット 31 は、先に説明した図 9 にフローチャートにより示した駆動電圧信号発生ルーチンを実行する。また、燃料噴射制御用コンピュータ 32a は、図 14 にフローチャートにより示した

電磁弁開閉用信号制御ルーチンを所定時間の経過毎に実行する。このルーチンについて簡単に説明すると、フラグFは電磁弁開閉用信号の状態を示すフラグである。フラグFの値は、電磁弁開閉用信号のデューティ比を0%に設定しているとき（即ち、電磁弁開閉用信号を発生していないとき）ステップ1475にて「0」、電磁弁開閉用信号のデューティ比を100%に設定しているときステップ1430にて「1」、電磁弁開閉用信号のデューティ比を所定時間あたりに正の値D1で減少させているときステップ1445にて「2」、電磁弁開閉用信号のデューティ比を値D1よりも大きな値D2で減少させているときステップ1460にて「3」となるように構成されている。

【0119】

従って、電磁弁開閉用信号を発生していない状態にあるとき、フラグFの値は「0」であるから、燃料噴射制御用コンピュータ32aはそれぞれフラグFの値が「3」、「2」、「1」であるか否かを判定するステップ1405、1410、1415の総べてのステップにて「No」と判定してステップ1420に進み、駆動電圧信号が発生したか否かをモニタしている。このため、エンジン電子制御ユニット31から駆動電圧信号が発生すると、ステップ1420にて「Yes」と判定してステップ1425に進み、電磁弁開閉用信号のデューティ比を100%に設定する。これにより、液体供給通路15-1内の液体の圧力は所定の増大率 $\alpha 1$ で急激に上昇する。

【0120】

このとき、フラグFの値は1となる（ステップ1430）から、燃料噴射制御用コンピュータ32aは、ステップ1405及びステップ1410にて「No」と判定するとともにステップ1415にて「Yes」と判定してステップ1435に進むようになり、通路内検出液圧PSが高圧側閾値PHi以上となったか否かをモニタするようになる。そして、通路内検出液圧PSが高圧側閾値PHi以上となると、ステップ1435にて「Yes」と判定してステップ1440に進み、電磁弁開閉用信号のデューティ比を値D1で減少させる。これにより、液体供給通路15-1内の液体の圧力は所定の変化率 $\alpha 2$ で減少する。

【0121】

このとき、フラグFの値は2となる（ステップ1445）から、燃料噴射制御用コンピュータ32aは、ステップ1405にて「No」と判定するとともにステップ1410にて「Yes」と判定してステップ1450に進むようになり、駆動電圧信号が消滅したか否かをモニタするようになる。そして、駆動電圧信号が消滅すると、ステップ1450にて「Yes」と判定してステップ1455に進み、電磁弁開閉用信号のデューティ比を値D1より大きい値D2で減少させる。これにより、液体供給通路15-1内の液体の圧力は所定の変化率 α 3で減少する。

【0122】

このとき、フラグFの値は3となる（ステップ1460）から、燃料噴射制御用コンピュータ32aは、ステップ1405にて「Yes」と判定してステップ1465に進むようになり、電磁弁開閉用信号のデューティ比が「0」以下となったか否かをモニタするようになる。そして、電磁弁開閉用信号のデューティ比が「0」以下となると、ステップ1465にて「Yes」と判定してステップ1470に進み、電磁弁開閉用信号のデューティ比を「0」に設定し、ステップ1475にてフラグFの値を「0」に戻す。以上により、前述したように、電磁弁開閉用信号のデューティ比が制御される。

【0123】

また、燃料噴射制御用コンピュータ32aは、図15にフローチャートにより示した圧電素子作動指示信号発生ルーチンを所定時間の経過毎に実行するようになっている。簡単に説明すると、燃料噴射制御用コンピュータ32aは、通路内検出液圧PSが低圧側閾値PLoより大きくなると、ステップ1505にて「Yes」と判定してステップ1510に進み、圧電素子作動指示信号（前述の制御信号）を発生し、圧電素子駆動信号DVを発生させる。これに対し、燃料噴射制御用コンピュータ32aは、通路内検出液圧PSが低圧側閾値PLo以下となると、ステップ1505にて「No」と判定してステップ1520に進み、圧電素子作動指示信号の発生を停止し、圧電素子駆動信号DVを消滅させる。

【0124】

以上、説明したように、第2実施形態に係る液体噴射装置10は、通路検出液

圧 P_S が一定の低圧力よりも高い圧力であるとき、圧電素子駆動信号 DV を発生させる（時刻 $t_{22} \sim t_{27}$ ）。更に、液体噴射装置 10 は、電磁弁開閉用信号の発生開始直後（時刻 $t_{22} \sim t_{23}$ ）において液体供給通路 15-1 内の液体の圧力を圧力変化率 α_1 にて増大させ、その後、検出した液体供給通路 15-1 内の液体の圧力 P_S が一定の高圧力 P_{Hi} に到達すると、圧力変化率 α_1 の絶対値 ($|\alpha_1|$) よりも小さい絶対値 ($|\alpha_2|$) を有する圧力変化率 α_2 で同液体供給通路 15-1 内の液体の圧力が次第に減少するように同電磁弁開閉用信号を発生させる（時刻 $t_{23} \sim t_{26}$ ）。

【0125】

これによれば、電磁弁開閉用信号の発生開始直後において液体供給通路 15-1 内の液体の圧力が急激に増大するので、同電磁弁開閉用信号の発生により液滴の噴射が直ちに開始される。また、その後、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力は比較的緩やかに（減少率 α_2 で）減少し続ける。従って、先に噴射された液滴の速度の方が後に噴射された液滴の速度よりも大きくなる。この結果、液体吐出用ノズル 15-4 から噴射された液滴同士が液体噴射空間 21 内で衝突して粒径の大きい液滴が形成されてしまう可能性を低減することができる。

【0126】

即ち、この実施形態は、圧力検出手段により検出された液体の圧力に基づいて前記電磁弁開閉用信号を変更するように構成されている。具体的には、この実施形態は、液体供給通路内の液体が最高圧力近傍に到達した時点を、通路内検出液圧 P_S が高圧側閾値 P_{Hi} 以上となったか否かで検出し、その時点が検出されたならば、その時点から液体供給通路内の液体の圧力を比較的緩やかに減少させるように電磁弁開閉用信号を変更する。従って、液体供給通路 15-1 内の液体が最高圧力近傍（高圧側閾値 P_{Hi} 近傍の圧力）に長時間留まることが回避できるので、液滴同士の衝突をより確実に抑制することが可能となる。

【0127】

次に、本発明による液体噴射装置 10 の第 3 実施形態について説明する。第 3 実施形態に係る液体噴射装置 10 は、第 1 実施形態に係る液体噴射装置 10 に対して、電磁弁開閉用信号及び圧電素子駆動信号 DV の発生のさせ方を異ならせた

点のみにおいて相違している。従って、以下、係る相違点を中心として図16のタイムチャートと図17のフローチャートとを参照しながら説明する。

【0128】

第3実施形態においては、電磁開閉式吐出弁14の開弁及び閉弁により液体供給通路15-1内の液体の圧力が増大及び減少しているときは、同液体の圧力が前記一定の高圧力となっているときよりも、圧電素子駆動信号DVの周波数fが低い値に設定される。換言すると、液体供給通路15-1内の液体の圧力が前記一定の高圧力より小さいときは、チャンバー15-2の容積変化の周期が長い時間に設定される。

【0129】

より具体的に述べると、エンジン電子制御ユニット31からの駆動電圧信号が時刻t31にて発生されると、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは電磁開閉式吐出弁駆動回路部32bに電磁弁開閉用信号を発生させる。これにより、無効噴射時間Tdが経過した時刻t32にて液体供給通路15-1内の液体の圧力が前記一定の低圧力（低圧側閾値PLo）を超えて上昇を開始し、時刻t33にて前記一定の高圧力（高圧側閾値PHi）となる。

【0130】

かかる液体圧力上昇期間（時刻t32～t33）において、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、第1の周波数f1の圧電素子駆動信号DVを圧電／電歪素子駆動回路部32cにより発生させる。つまり、圧電／電歪素子15gに印加されている圧電素子駆動信号DVの周波数fを第1の周波数f1に設定する。

【0131】

その後、液体供給通路15-1内の液体の圧力が前記一定の高圧力になると（時刻t33）、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、圧電／電歪素子15gに印加されている圧電素子駆動信号DVの周波数fを第1の周波数f1よりも大きい第2の周波数f2に設定する。なお、係る周波数fの変更は、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aからシュミットトリガ回路ST11、ST12に送出されるパルスの周期T（図7を参照。）を変更する（短くする）こと

により行われる。

【0132】

その後、時刻 t_{34} にてエンジン電子制御ユニット 31 からの駆動電圧信号が消滅すると、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は電磁開閉式吐出弁 14 に印加されている電磁弁開閉用信号の発生を停止する。この結果、時刻 t_{34} から所定の時間が経過した時刻 t_{35} にて、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力が減少し始め、時刻 t_{36} にて前記一定の低圧力となる。

【0133】

一方、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は、通路内検出液圧 P_S が高圧側閾値 P_{Hi} よりも小さくなったか否かをモニタしていて、通路内検出液圧 P_S が高圧側閾値 P_{Hi} よりも小さくなると（時刻 t_{35} ）、圧電／電歪素子駆動回路部 32c に印加されている圧電素子駆動信号 DV の周波数 f を第 1 の周波数 f_1 に再び設定する。そして、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は、通路内検出液圧 P_S が低圧側閾値 P_{Lo} 以下となると（時刻 t_{36} ）、圧電／電歪素子駆動回路部 32c に圧電素子駆動信号 DV の発生を停止させる。

【0134】

このような制御を行うため、エンジン電子制御ユニット 31 は、先に説明した図 9 にフローチャートにより示した駆動電圧信号発生ルーチンを実行する。また、燃料噴射制御用コンピュータ 32a は、図 17 にフローチャートにより示した圧電素子作動指示信号発生ルーチンを所定時間の経過毎に実行するようになっている。このルーチンについて簡単に説明すると、燃料噴射制御用コンピュータ 32a は、通路内検出液圧 P_S が低圧側閾値 P_{Lo} より大きく且つ高圧側閾値 P_{Hi} より小さいとき、通路内検出液圧 P_S が低圧側閾値 P_{Lo} より大きいかな否かを判定するステップ 1705 にて「Yes」、続く通路内検出液圧 P_S が高圧側閾値 P_{Hi} 以上かな否かを判定するステップ 1710 にて「No」と判定してステップ 1715 に進み、圧電素子駆動信号 DV の周波数 f を第 1 の周波数 f_1 に設定するための圧電素子作動指示信号を発生する。

【0135】

また、燃料噴射制御用コンピュータ 32a は、通路内検出液圧 P_S が高圧側閾

値 PHi 以上となると、ステップ 1705 及びステップ 1710 の両ステップにて「Yes」と判定してステップ 1720 に進み、圧電素子駆動信号 DV の周波数 f を第 2 の周波数 f_2 に設定するための圧電素子作動指示信号を発生する。

【0136】

これに対し、燃料噴射制御用コンピュータ 32a は、通路内検出液圧 PS が低圧側閾値 PLo 以下であると、ステップ 1705 にて「No」と判定してステップ 1725 に進み、圧電素子作動指示信号の発生を停止し、これにより、圧電素子駆動信号 DV の発生を停止する。以上により、通路内検出液圧 PS に応じた周波数を有する圧電素子駆動信号 DV が発生せしめられる。

【0137】

以上、説明したように、第 3 実施形態に係る液体噴射装置 10 は、通路内検出液圧 PS に応じて圧電素子駆動信号 DV の周波数を変化させるように構成されている。即ち、電気制御装置 30 は、通路内検出液圧 PS が大きくなるほど高い周波数を有する圧電素子駆動信号 DV を圧電／電歪素子 15g に与え、これによりチャンバー 15-2 の容積変化の周波数を高くする。

【0138】

液体供給通路 15-1 内の液体の圧力の大きさは、液体吐出用ノズル 15-4 から噴射される液体の速度（噴射速度）を決定付けるので、同液体の圧力が異なれば液体の微粒子化の程度も異なることになる。従って、上記第 3 実施形態のように、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力に応じて前記圧電素子駆動信号 DV の周波数 f を変化させることにより、所望の粒径の液滴を得ることが可能となる。

【0139】

また、上記第 3 実施形態においては、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力が大きいほど圧電素子駆動信号 DV の周波数 f が高くなるように変更されている。このように構成するのは、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力が大きいほど、液体吐出用ノズル 15-4 から噴射される液体の速度は大きく、同液体吐出用ノズル 15-4 から噴射される流量（単位時間あたりに液体吐出用ノズル 15-4 から液体噴射空間 21 内に押し出される液柱の長さ）が大きくなるので、液体供

給通路 15-1 内の液体の圧力が大きいほど高い周波数 f の圧電素子駆動信号 DV を圧電／電歪素子 15g に付与することにより、同液体の圧力に拘らず微粒子化される液滴の粒径を均一とすることが可能となるからである。

【0140】

なお、上記実施形態では、圧電素子駆動信号 DV の周波数 f は第 1 周波数 f_1 と第 2 周波数 f_2 の 2 段階に変更されていたが、同周波数 f は通路内検出液圧 PS に応じて（通路内検出液圧 PS の増大とともに周波数 f が大きくなるように）連続的に変更されてもよい。

【0141】

次に、本発明による液体噴射装置 10 の第 4 実施形態について説明する。第 4 実施形態に係る液体噴射装置 10 は、第 1 実施形態に係る液体噴射装置 10 に対して、電磁弁開閉用信号及び圧電素子駆動信号 DV の発生させ方を異ならせた点のみにおいて相違している。従って、以下、係る相違点を中心として図 18 及び図 19 のタイムチャート及び図 20 のフローチャートを参照しながら説明する。

【0142】

第 4 実施形態においては、第 1 実施形態と同様に、電磁開閉式吐出弁 14 が開弁することにより、液体供給通路 15-1 内の液体圧力 PS が前記一定の高圧力（高圧側閾値 PH_i 以上の圧力）となって安定している期間（図 18 の時刻 t_{13} ～ t_{15} の期間）、圧電／電歪素子 15g の作動による燃料の微粒子化を停止する。また、液体供給通路 15-1 内の液体の圧力が増大及び減少している期間（時刻 t_{12} ～ t_{13} 、時刻 t_{15} ～ t_{16} ）では、同液体の圧力が大きいほど圧電素子駆動信号 DV によるチャンバ 15-2 の容積変化量を小さくする。

【0143】

このような制御を行うため、エンジン電子制御ユニット 31 は、先に説明した図 9 にフローチャートにより示した駆動電圧信号発生ルーチンを実行する。また、燃料噴射制御用コンピュータ 32a は、図 20 にフローチャートにより示した圧電素子作動指示信号発生ルーチンを所定時間の経過毎に実行する。このルーチンについて簡単に説明すると、燃料噴射制御用コンピュータ 32a は、通路内

検出液圧 P_S が低圧側閾値 PLo より大きく且つ高圧側閾値 PHi より小さいとき、通路内検出液圧 P_S が低圧側閾値 PLo より大きいかな否かを判定するステップ 2005 にて「Yes」、続く通路内検出液圧 P_S が高圧側閾値 PHi 以上かな否かを判定するステップ 2010 にて「No」と判定してステップ 2020 に進み、通路内検出液圧 P_S が大きいほど圧電素子駆動信号 DV の最大値 V_{max} が小さくなるように圧電素子作動指示信号を発生する。

【0144】

即ち、時刻 $t_{12} \sim t_{13}$ の期間において、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は、通路内検出液圧 P_S が大きいほど、圧電／電歪素子 15g への電源電圧 V_{P2} の印加開始と次の電源電圧 V_{P2} の印加開始との間の周期 T を変えることなく各電圧印加時間を時間経過とともに短くする。

【0145】

より具体的には、図 19 に示したように、通路内検出液圧 P_S が増大しているときは、電源電圧 V_{P2} の電圧印加開始タイミング間（時刻 $t_{41} \sim t_{45}$ の時間、及び時刻 $t_{45} \sim t_{49}$ の時間）の周期 T を一定に維持しながら、各電圧印加時間であるシュミットトリガ回路 $ST11$ の出力信号がハイレベルになっている時間 T_{p1} , T_{p3} , T_{p5} を時間経過とともに順に短くする（通路内検出液圧 P_S が大きいほど短くする。）。これにより、通路内検出液圧 P_S が増大するに従って圧電／電歪素子 15g に加わる最大電圧 V_{max} が小さくなるので、圧電／電歪素子の一作動あたりの変位量が小さくなり、チャンバー 15-2 の一回の容積変化における容積変化量 ΔV も次第に小さくなる。

【0146】

同様に、図 18 に示した時刻 $t_{15} \sim t_{16}$ の期間においては、検出される液体供給通路 15-1 内の液体の圧力 P_S が低圧側閾値 PLo より大きく且つ高圧側閾値 PHi より小さいので、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 32a は、ステップ 2005 にて「Yes」、ステップ 2010 にて「No」と判定してステップ 2020 に進み、通路内検出液圧 P_S が大きいほど圧電素子駆動信号 DV の最大値 V_{max} が小さくなるように圧電素子作動指示信号を発生する。

【0147】

この場合、時間経過とともに液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力が減少する。従って、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 3 2 a は、圧電／電歪素子 1 5 g への電源電圧 V P 2 の印加を開始する周期 T を変えることなく各電圧印加時間を時間経過とともに長くする。即ち、電圧印加時間であるシュミットトリガ回路 S T 1 1 の出力信号がハイレベルになっている時間を通路内検出液圧 P S が小さいほど長くする。これにより、通路内検出液圧 P S が減少するにつれて圧電／電歪素子の一作動あたりの変位量が大きくなり、チャンバー 1 5 - 2 の一回の容積変化における容積変化量 ΔV が次第に大きくなる。

【 0 1 4 8 】

一方、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ 3 2 a は、通路内検出液圧 P S が低圧側閾値 P L o 以下の場合、又は、高圧側閾値 P H i 以上の場合、ステップ 2 0 0 5 にて「N o」、又はステップ 2 0 1 0 にて「Y e s」と判定してステップ 2 0 1 5 に進み、圧電素子作動指示信号の発生を停止する。

【 0 1 4 9 】

このように、第 4 実施形態に係る液体噴射装置 1 0 は、通路内検出液圧 P S （液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力）が大きいほど圧電素子駆動信号 D V によるチャンバー 1 5 - 1 の容積変化量を小さくする。

【 0 1 5 0 】

液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力が大きいほど液体吐出用ノズル 1 5 - 4 から噴射される液体速度は大きくなるので、噴射される液体の粒径は、チャンバーの容積変化量 ΔV （容積変化量の最大値、即ち、最大容積変化量）を大きくしなくても、同液体の表面張力により比較的小さくなる。従って、液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力が大きいほど圧電素子駆動信号 D V によるチャンバー 1 5 - 2 の容積変化量 ΔV を小さくする上記第 4 実施形態によれば、必要以上のチャンバー 1 5 - 2 の容積変化を発生せしめないようにできるので（即ち、圧電／電歪素子 1 5 g の変形量を必要以上に大きくすることがないので）、液体噴射装置 1 0 の消費電力を低減することができる。

【 0 1 5 1 】

なお、上記第 4 実施形態においては、液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力が

前記一定の高圧力となっているとき（時刻 $t_{13} \sim t_{15}$ ）、圧電素子駆動信号DVの発生を停止していたが、図21に示したように、圧電素子駆動信号DVを継続的に発生させてもよい。また、第3実施形態と第4実施形態とを組み合わせ、液体供給通路15-1内の液体の圧力が大きいほど圧電素子駆動信号DVの周波数が高く、且つ、同液体の圧力が大きいほど圧電素子駆動信号DVによるチャンバー15-2の容積変化量 ΔV を小さくするように構成してもよい。

【0152】

以上、説明したように、本発明の実施形態に係る各液体噴射装置によれば、燃料が加圧ポンプ11で加圧され、燃料がその圧力によって吸気管20内の液体噴射空間21に噴射されるから、液体噴射空間21内の圧力（吸気圧）が変動した場合であっても、所望の燃料量の燃料を安定的に噴射することができる。

【0153】

また、燃料には噴射デバイス15Aのチャンバー15-2の容積変化により振動エネルギーが与えられ、同燃料は微粒子化されるように液体吐出用ノズル15-4aから噴射される。この結果、本液体噴射装置は、極めて精細に微細化された液滴を噴射することができる。更に、噴射デバイス15Aは、複数のチャンバー15-2と複数の吐出用ノズル15-4を備えているから、仮に燃料中に気泡が発生した場合でも、同気泡が細かく分断され易く、その結果、気泡の存在による噴射量の大きな変動を回避することができる。

【0154】

また、電磁開閉式吐出弁14の吐出孔14c-2から液体供給通路15-1に向う距離が増大するのに伴って、吐出孔14c-2から吐出される燃料の前記中空円筒状密閉空間の中心軸線CLからの距離が増大するように、吐出孔14c-2からの燃料吐出方向が定められているから、スリーブ15Dの形成する前記中空円筒状密閉空間の広い部分において吐出される燃料の流れが生じることになる。その結果、特に、前記密閉空間の電磁開閉式吐出弁14の吐出孔14c-2近傍の角部（図3において黒塗りの三角印を付すことで示した部分）に気泡が生じ難く、或いは同角部に生じた気泡の排出性能が向上する。従って、上記各液体噴射装置は、燃料の圧力上昇が気泡により阻害され難いので、燃料の圧力を期待通

り増大させることができ、内燃機関等の機械装置が要求する噴射量及び噴射タイミングで燃料の液滴を噴射することが可能となる。

【0155】

また、上記各液体噴射装置は、前記電磁開閉式吐出弁14から吐出された液体が前記吐出用ノズル15-4から前記液体噴射空間21に噴射されるまでの間に、同液体の流れが少なくとも一回（本例においては4回）略直角に曲げられるように構成されている。

【0156】

即ち、本液体噴射装置においては、電磁開閉式吐出弁14から吐出された液体の流れは、先ず、液体注入口15-5と液体供給通路15-1とが直交しているので、同液体注入口15-5と同液体供給通路15-1との接続部で直角に曲げられる。次に、液体供給通路15-1の長軸方向はX軸と平行であり、液体導入孔15-3の中心軸はZ軸と平行であるから、液体供給通路15-1と液体導入孔15-3の接続部において、液体の流れは直角に曲げられる。

【0157】

更に、チャンバー15-2の長軸はY軸と平行であり、液体導入孔15-3の中心軸はZ軸と平行であるから、チャンバー15-2と液体導入孔15-3の接続部において、液体の流れは直角に曲げられる。また、チャンバー15-2の長軸はY軸と平行であり、液体吐出用ノズル15-4の軸線はZ軸と平行であるから、チャンバー15-2と液体吐出用ノズル15-4の接続部においても液体の流れは直角に曲げられる。

【0158】

そして、このような構成によれば、電磁開閉式吐出弁14から吐出された液体の流れが少なくとも一回略直角に曲げられるから、電磁開閉式吐出弁14の開弁に伴う液体圧力の脈動が低減され、安定した液滴の噴射を行うことが可能となる。換言すると、電磁開閉式吐出弁14の開弁に伴う液体の動圧が静圧となり、その静圧下で燃料が噴射されることになる。この結果、燃料を各液体吐出用ノズル15-4から安定して噴射することが可能となる。

【0159】

特に、上記各液体噴射装置は、噴射デバイス 1 5 A が共通の液体供給通路 1 5 - 1 に接続された複数のチャンバー 1 5 - 2, 1 5 - 2 … を有し、且つ、電磁開閉式吐出弁 1 4 から吐出された液体の流れが液体注入口 1 5 - 5 と液体供給通路 1 5 - 1 との接続部で略直角に曲げられるので、液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力が安定する。従って、各チャンバー 1 5 - 2, 1 5 - 2 … 内における液体の圧力が静圧となって安定するので、同各チャンバー 1 5 - 2, 1 5 - 2 … に接続された各液体吐出用ノズル 1 5 - 4, 1 5 - 4 … から吐出される液滴を均一なものとすることができる。

【 0 1 6 0 】

また、前記電磁開閉式吐出弁 1 4 は、前記吐出孔 1 4 c - 2 から吐出される液体（燃料）の吐出流線（図 3 に一点鎖線 D L で示す）が、前記スリーブ 1 5 D の中空円筒状密閉空間を構成する側壁 1 5 D - 1 及び同側壁 1 5 D - 1 を前記液体供給通路 1 5 - 1 の平面部（セラミックシート 1 5 b の上面）まで仮想的に延長した側壁 W P と交差することなく同液体供給通路 1 5 - 1 の平面部と直接交差するように配置構成されている。

【 0 1 6 1 】

この結果、電磁開閉式吐出弁 1 4 から吐出された液体が、その運動エネルギー（流速）を高い状態に維持しながら、液体供給通路 1 5 - 1 の平面部に到達するから、液体は前記平面部にて、中空円筒状密閉空間の吐出孔 1 4 c - 2 側に向けて強く反射される。これにより、反射された液体の流れが中空円筒状密閉空間の吐出孔 1 4 c - 2 近傍の角部（図 3 に黒塗りの三角印を付すことで示した部分）に滞留する気泡を排出するので、液体中に存在する気泡の量が減少する。従って、上記各液体噴射装置は、液体の圧力上昇が気泡により一層阻害され難くなり、液体の圧力を期待通り増大させることができるため、内燃機関が要求する噴射量及び噴射タイミングで液滴を噴射することが可能となる。

【 0 1 6 2 】

更に、上記各実施形態の各液体吐出用ノズル 1 5 - 4 の軸線は Z 軸と平行となっているから、各吐出用ノズル 1 5 - 4 から液体噴射空間 2 1 に吐出された液滴が飛行中に実質的に互いに交わることがないので、燃料液滴同士が同液体噴射空

間 2 1 において衝突して大きな液滴とならない。これにより、均一で霧化状態の良好な燃料噴霧を形成することができる。

【 0 1 6 3 】

また、上記各実施形態に係る液体噴射装置は、電気制御装置 3 0 が、少なくとも電磁弁開閉用信号の発生又は同電磁弁開閉用信号の発生の停止により液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力が増大又は減少しているとき（検出通路液圧 P S が増大又は減少しているとき）、圧電素子駆動信号 D V を発生させて圧電/電歪素子 1 5 g を作動させるとともに、電磁弁開閉用信号が消滅して液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力が一定の低圧力であるとき圧電素子駆動信号 D V を発生しないように構成されている。

【 0 1 6 4 】

従って、液体供給通路 1 5 - 1 （及びチャンバー 1 5 - 2 ）内の液体の圧力が増大又は減少中であって同液体の噴射圧力が比較的小さいため、液体の噴射速度が十分ではなく、同液体の噴射速度に依るだけでは同液体を十分には微粒子化し難い場合であっても、圧電/電歪素子 1 5 g の作動によるチャンバー 1 5 - 2 の容積変化により同液体を適切に微粒子化することができる。

【 0 1 6 5 】

また、電気制御装置 3 0 は、電磁弁開閉用信号が消滅して液体供給通路 1 5 - 1 内の液体の圧力（検出通路液圧 P S ）が所定値 P L o 以下の一定の低圧力（加圧手段により加圧された液体が液体供給通路 1 5 - 1 内には供給されない状態が継続した場合に収束する圧力）であるとき、即ち、液体が噴射デバイス 1 5 A の液体吐出用ノズル 1 5 - 4 から液体噴射空間 2 1 に噴射されることがないとき、噴射デバイス 1 5 A は液体を微粒子化するための作動を行う必要がないので、圧電素子駆動信号 D V を発生しないようになっている。これにより、液体噴射装置による無駄な電力消費を回避することができる。

【 0 1 6 6 】

なお、本発明は上記各実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、図 2 2 に示したように、圧電素子駆動信号 D V を、電磁弁開閉用信号が発生する時刻 t 1 より前の時刻 t 0

から発生するように構成してもよい。

【0167】

この場合、エンジン電子制御ユニット31は、燃料噴射開始タイミングである時刻 t_2 よりも僅かに前の時刻 t_0 となったとき、圧電／電歪素子15gの作動開始指示信号を燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aに送出し、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aはこの作動開始指示信号に応じて圧電／電歪素子駆動回路部32cに制御信号を送出して圧電素子駆動信号DVを発生せしめる。また、燃料噴射制御用マイクロコンピュータ32aは、通路内検出液圧PSが低圧側閾値PLo以下となったか否かモニタし、通路内検出液圧PSが低圧側閾値PLo以下となったときに、圧電素子駆動信号DVの発生を停止せしめる。

【0168】

これによれば、電磁弁開閉用信号の発生により液滴の噴射が開始される可能性がある時刻 t_2 では、既に圧電素子駆動信号DVにより圧電／電歪素子15gが駆動され、液体に振動エネルギーが加わっているから、液体の噴射当初から確実に微粒子化した液滴を噴射することができる。

【0169】

更に、上記各実施形態においては、液体供給通路内圧力センサ35を備えていたが、噴射デバイス15Aに複数備えられた圧電／電歪素子15gの一つを液体供給通路内圧力センサ35としても用いてよい。これによれば、液体供給通路内圧力センサ35を別途備える必要がないから、液体噴射装置のコストを低減することができる。

【0170】

噴射デバイス15Aは、図23及び図24に示した構成を有する噴射デバイス15Eとすることもできる。この噴射デバイス15Eは、同噴射デバイス15Eの平面図である図23のA-A線に沿った平面にて同噴射デバイス15Eを切断した図24に示したように、圧電／電歪素子15hが積層型となっている。即ち、圧電／電歪素子15hは、層状の圧電／電歪素子と層状の電極とを交互に多層にわたり積層することで形成された「積層ピエゾアクチュエータ」である。圧電／電歪素子15hは、一对の櫛歯状電極間に駆動電圧信号の正及び負の電圧が時

間的に交互に付与されると、セラミックシート15fを変形させる。

【0171】

また、上記実施形態の液体噴射装置は、吸気管（吸気ポート）内に燃料を噴射する形式のガソリン内燃機関に適用されていたが、本発明による液体噴射装置を、気筒内に燃料を直接噴射する所謂「直噴式ガソリン内燃機関」に適用することもできる。即ち、従来のフューエルインジェクタを用いた電気制御式燃料噴射装置により気筒内に直接的に燃料を噴射すると、シリンダーとピストンとの隙間（クレビス）に燃料が溜まることがあり、未燃HC（ハイドロカーボン）量が増大する場合があったのに対し、本発明による液体噴射装置を用いて気筒内に直接的に燃料を噴射すると、燃料が微粒子化された状態で気筒内に噴射されるので、気筒内壁面への燃料付着量が低減でき、あるいはシリンダーとピストンとの隙間に侵入する燃料量を低減できるから、未燃HCの排出量を低減することができる。

【0172】

更に、本発明による液体噴射装置を、ディーゼルエンジン用の直噴インジェクタとして用いることも有効である。即ち、従来のインジェクタによれば、特にエンジンの低負荷時には燃料圧力が低いことから、微粒子化した燃料を噴射することができないという問題がある。この場合、コモンレール方式の噴射装置を用いれば、エンジン低回転時でもある程度まで燃料圧力を高圧化できるので噴射燃料の微粒子化を促進できるものの、エンジン高回転時に比べれば燃料圧力は低いから、燃料を十分に微粒子できない。これに対し、本発明による液体噴射装置は、エンジンの負荷に拘らず（即ち、エンジンが低負荷時であっても）、圧電／電歪素子15gの作動により燃料を微粒子化するものであるから、十分に微粒子化された燃料を噴射することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 内燃機関に適用した本発明の第1実施形態に係る液体噴射装置の概略を示した図である。

【図2】 図1に示した電磁開閉式吐出弁と噴射ユニットを示した図である。

【図3】 図2に示した電磁開閉式吐出弁の先端部近傍の同電磁開閉式吐出弁及び噴射ユニットの拡大断面図である。

【図 4】 図 2 に示した噴射デバイスの平面図である。

【図 5】 図 4 の 1-1 線に沿った平面にて噴射デバイスを切断した断面図である。

【図 6】 図 1 に示した電気制御装置の詳細なブロック図である。

【図 7】 図 6 に示した電気制御装置において発生する信号等を示したタイムチャートである。

【図 8】 図 6 に示した電気制御装置の詳細回路図である。

【図 9】 図 6 に示したエンジン電子制御ユニットが実行するルーチンを示したフローチャートである。

【図 10】 図 6 に示したエンジン電子制御ユニットが実行するルーチンを示したフローチャートである。

【図 11】 (A) は駆動電圧信号、(B) は電磁弁開閉用信号、(C) は液体供給通路内の液体の圧力、(D) は圧電素子作動指示信号、及び (E) は圧電／電歪素子に付与される圧電素子駆動信号をそれぞれ示したタイムチャートである。

【図 12】 図 1 に示した液体噴射装置から噴射される液体の状態を示した図である。

【図 13】 本発明の第 2 実施形態に係る液体噴射装置の作動を図 11 と同様な信号を用いて示したタイムチャートである。

【図 14】 本発明の第 2 実施形態に係る液体噴射装置の燃料噴射制御用コンピュータが実行するルーチンを示したフローチャートである。

【図 15】 本発明の第 2 実施形態に係る液体噴射装置の燃料噴射制御用コンピュータが実行するルーチンを示したフローチャートである。

【図 16】 本発明の第 3 実施形態に係る液体噴射装置の作動を図 11 と同様な信号を用いて示したタイムチャートである。

【図 17】 本発明の第 3 実施形態に係る液体噴射装置の燃料噴射制御用コンピュータが実行するルーチンを示したフローチャートである。

【図 18】 本発明の第 4 実施形態に係る液体噴射装置の作動を図 11 と同様な信号を用いて示したタイムチャートである。

【図 1 9】 本発明の第 4 実施形態に係る液体噴射装置において、液体供給通路内の液体圧力が増大している期間における圧電素子駆動信号等を示したタイムチャートである。

【図 2 0】 本発明の第 4 実施形態に係る液体噴射装置の燃料噴射制御用コンピュータが実行するルーチンを示したフローチャートである。

【図 2 1】 本発明の第 4 実施形態に係る液体噴射装置の変形例の作動を図 1 1 と同様な信号を用いて示したタイムチャートである。

【図 2 2】 本発明の実施形態の他の変形例に係る液体噴射装置の作動を示したタイムチャートである。

【図 2 3】 本発明の実施形態の他の変形例に係る液体噴射デバイスの平面図である。

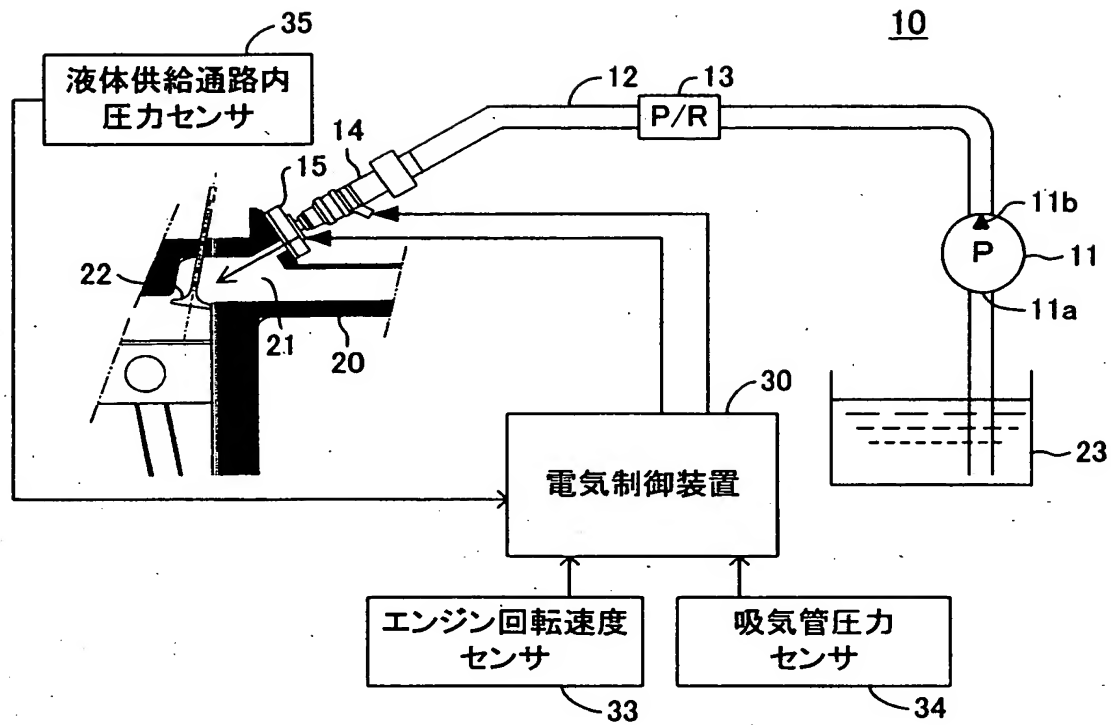
【図 2 4】 図 2 3 に示した噴射デバイスを図 2 3 の A - A 線に沿った平面にて切断した断面図である。

【符号の説明】

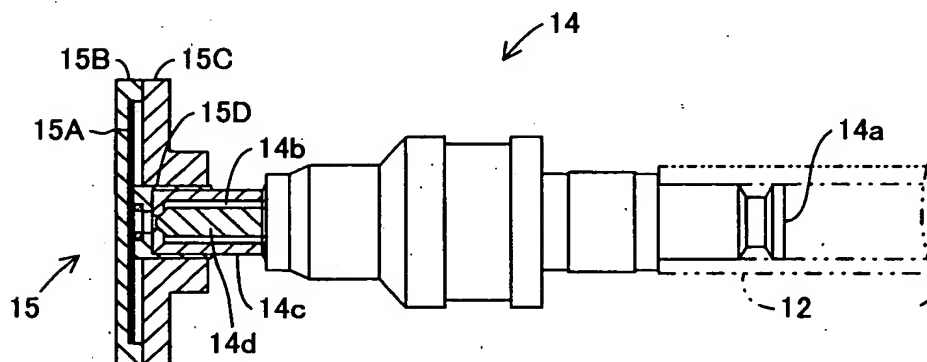
1 0 …液体噴射装置、1 1 …加圧ポンプ、1 1 a …導入部、1 1 b …吐出部、1 2 …液体供給管、1 4 …電磁開閉式吐出弁、1 4 c …外筒部、1 4 c - 2 …吐出孔、1 4 d …ニードル弁、1 5 …噴射ユニット、1 5 A …噴射デバイス、1 5 B …噴射デバイス固定板、1 5 C …保持ユニット、1 5 a ~ 1 5 f …セラミックシート、1 5 g …圧電／電歪素子、1 5 - 1 …液体供給通路、1 5 - 2 …チャンバー、1 5 - 3 …液体導入孔、1 5 - 4 …液体吐出用ノズル、1 5 - 4 a …液体噴射口、1 5 - 5 …液体注入口、2 0 …吸気管、2 1 …燃料噴射空間、3 0 …電気制御装置、3 5 …液体供給通路内圧力センサ（液体圧力センサ）。

【書類名】 図面

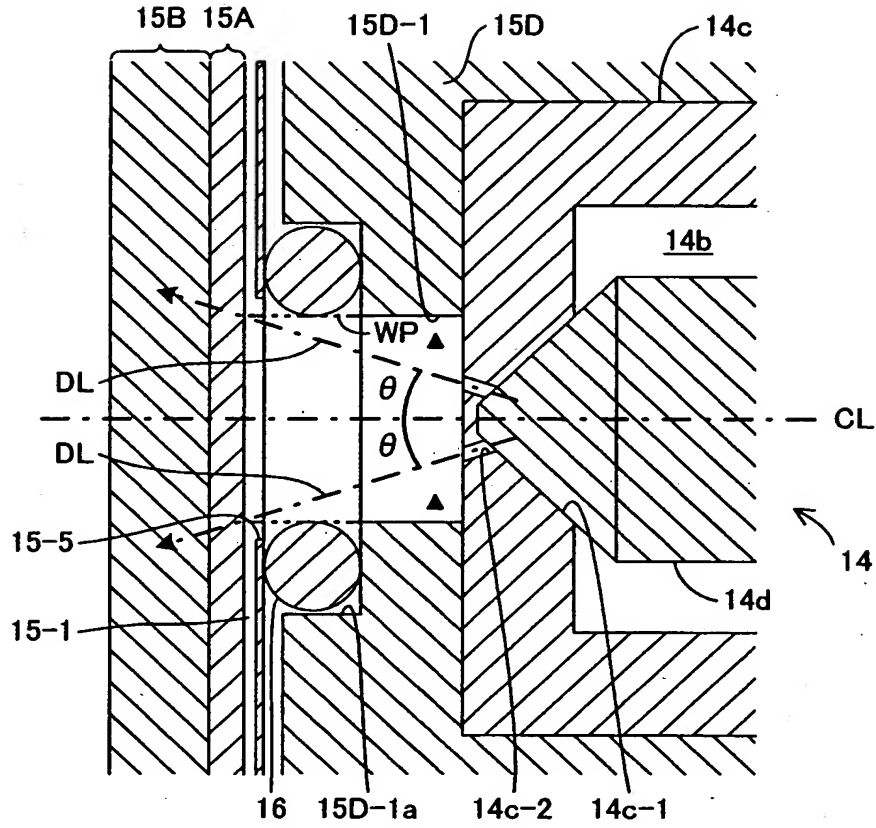
【図 1】



【図 2】

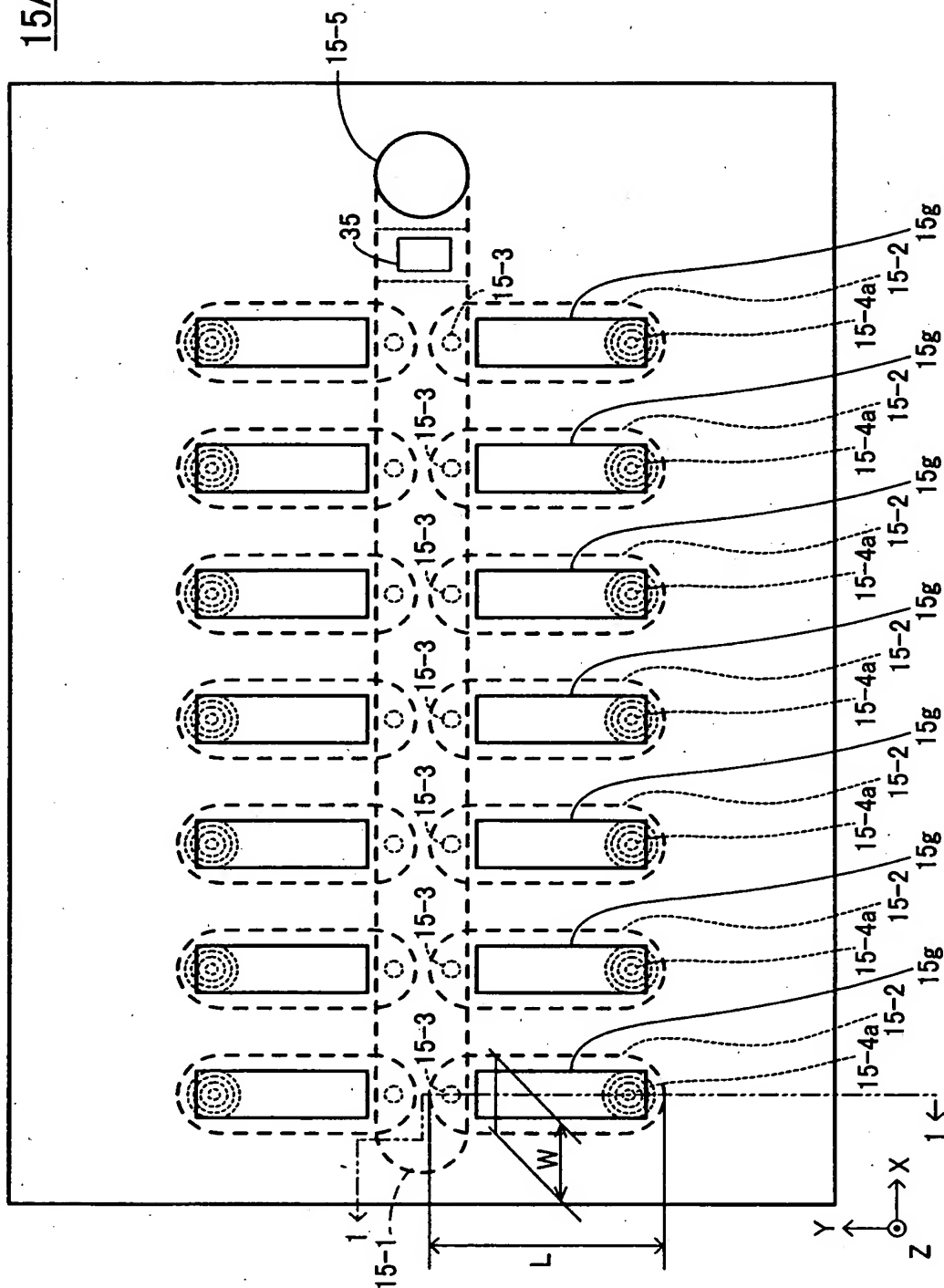


【図 3】

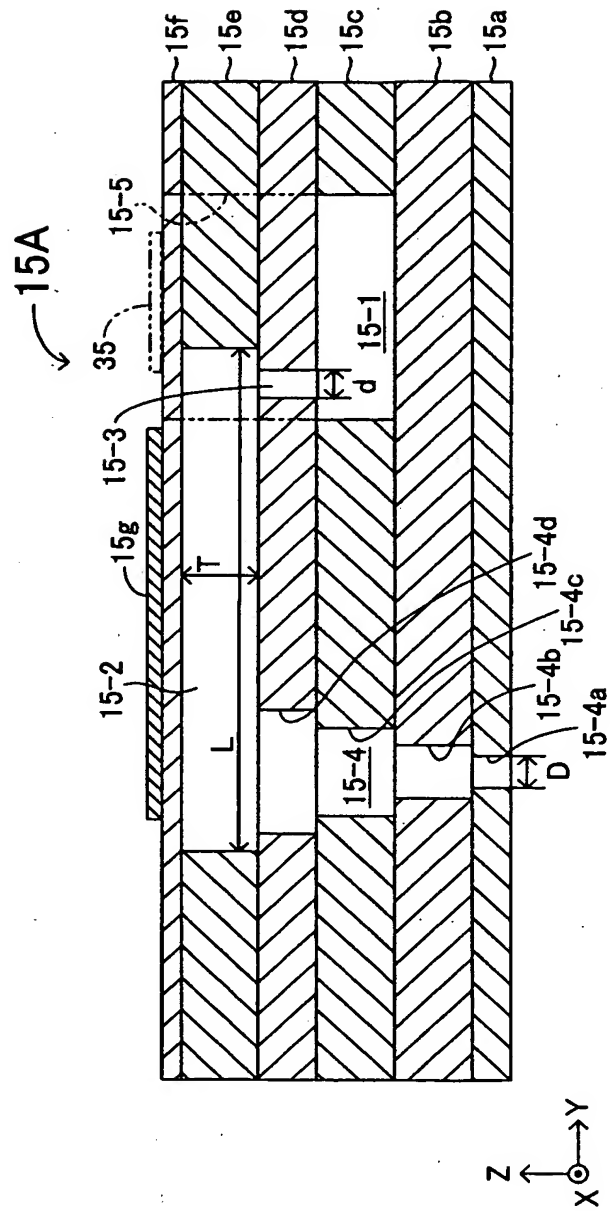


【図 4】

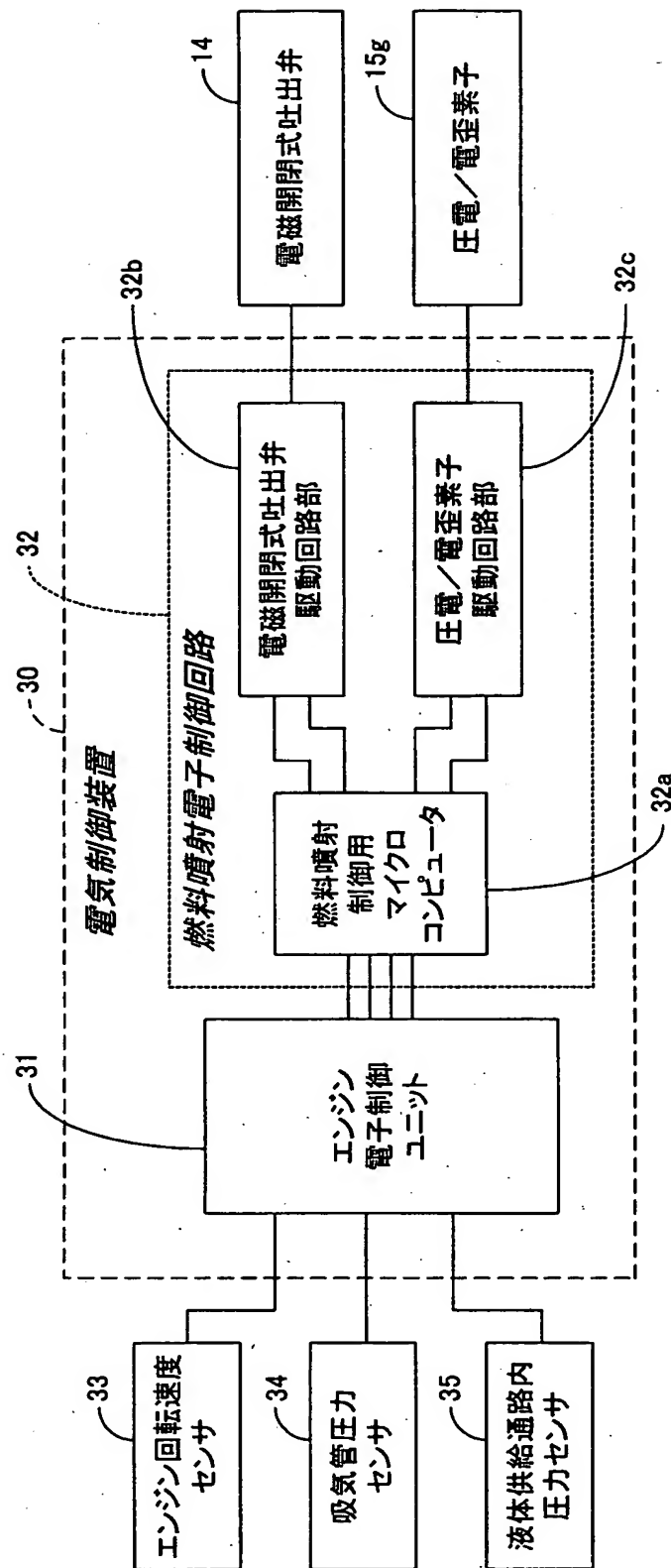
15A



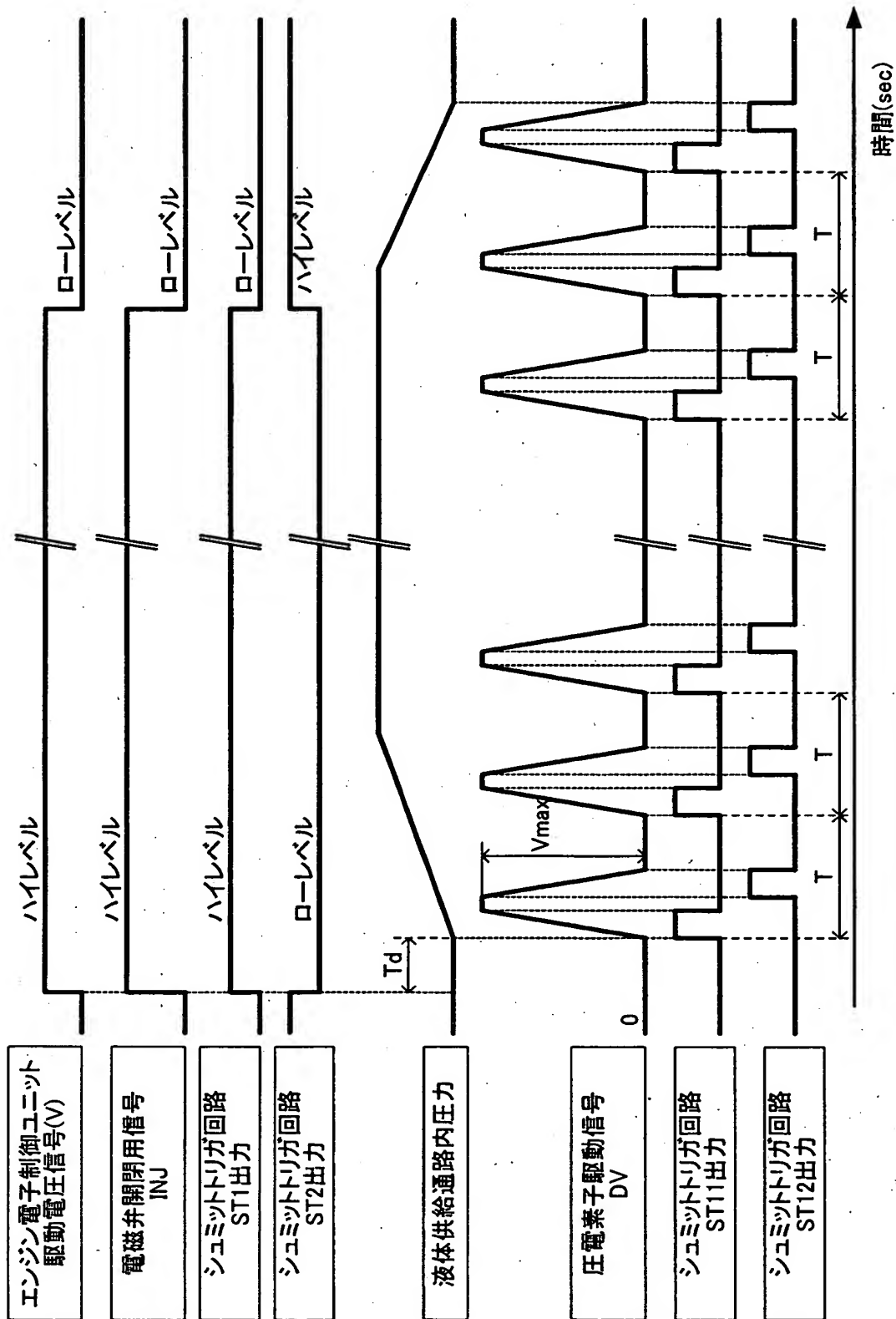
【図 5】



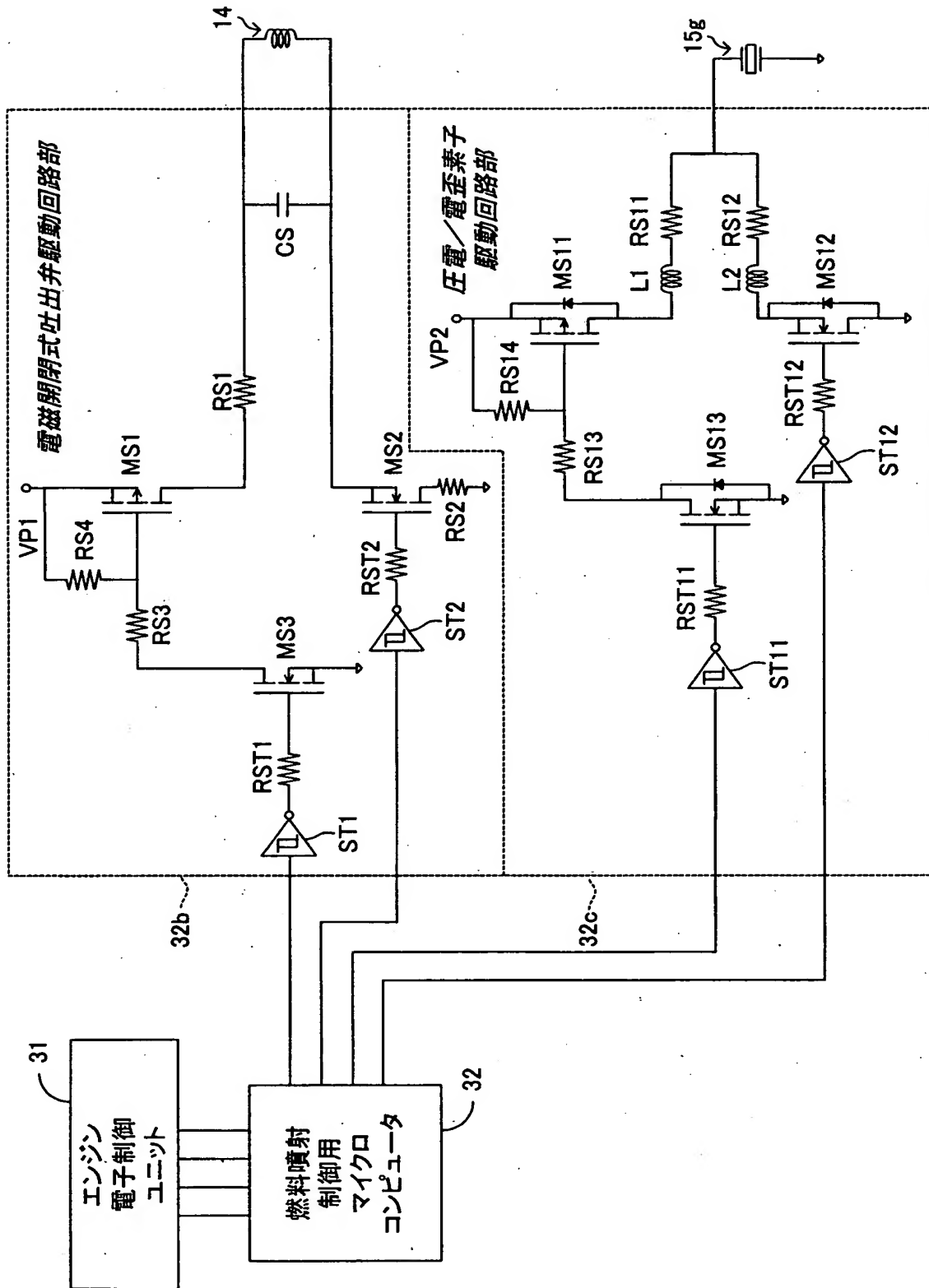
【図 6】



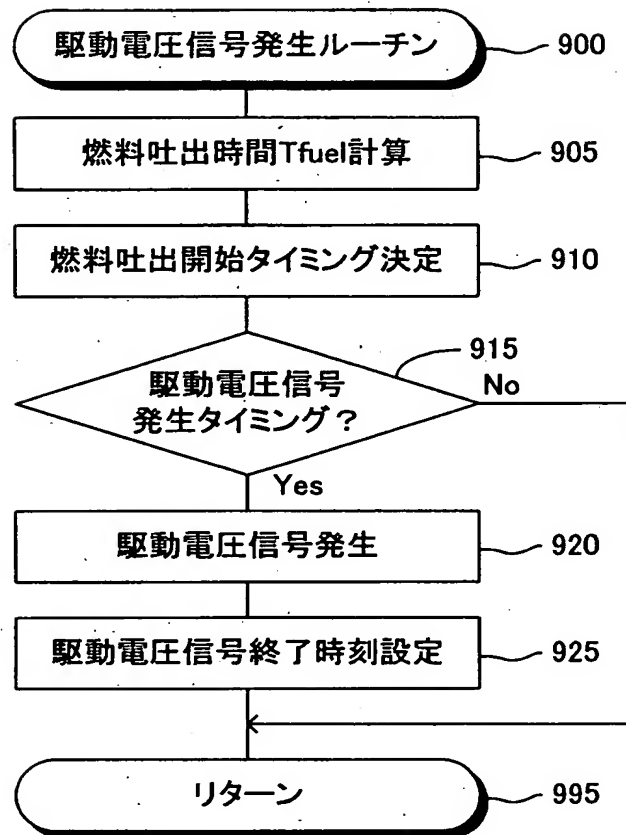
【図 7】



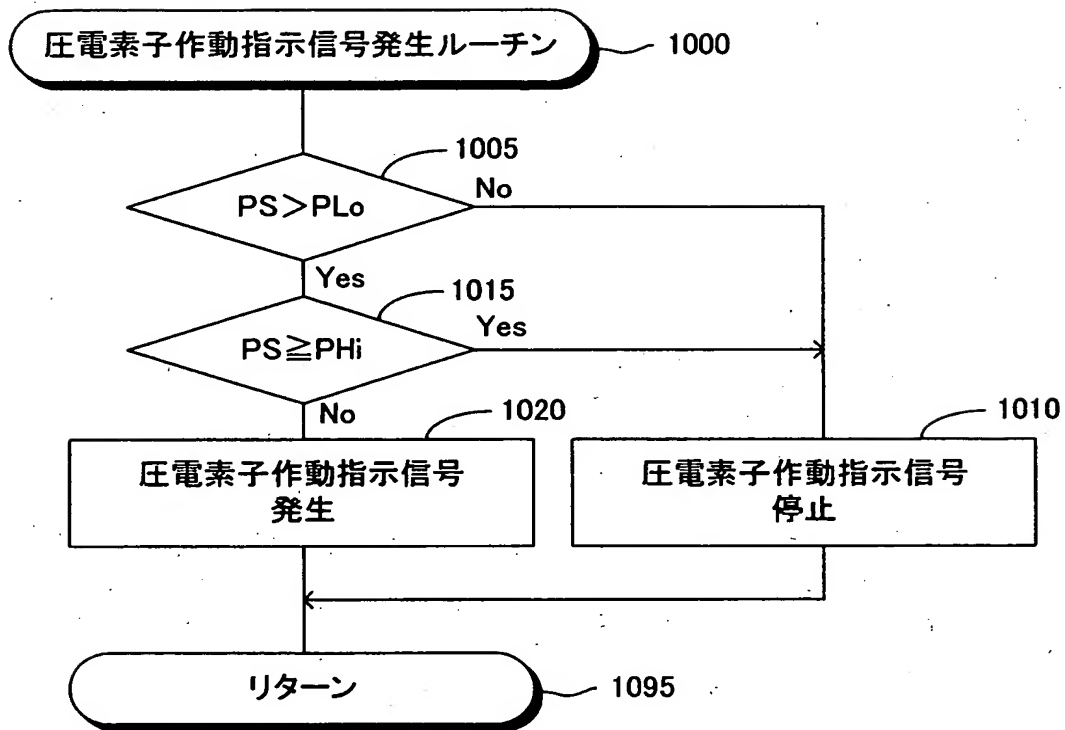
【図 8】



【図9】

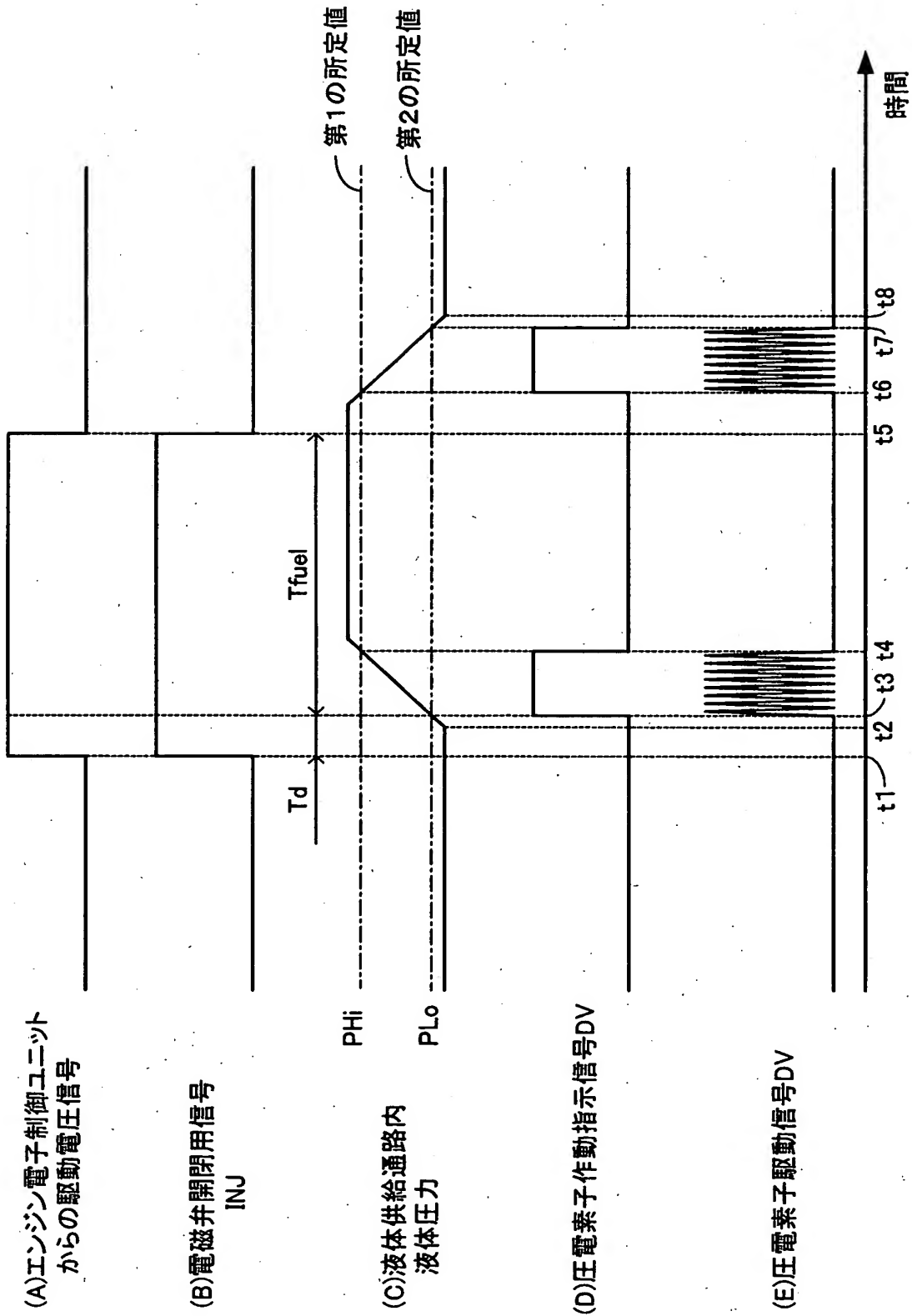


【図10】

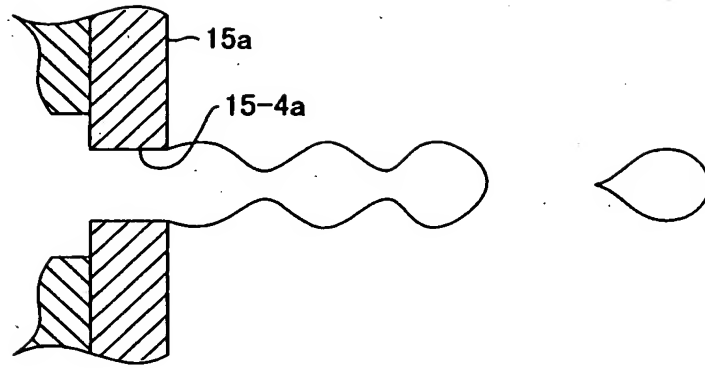


PS: 液体供給通路内圧力
 PLo: 低圧側閾値(第2の所定値)
 PHi: 高圧側閾値(第1の所定値)

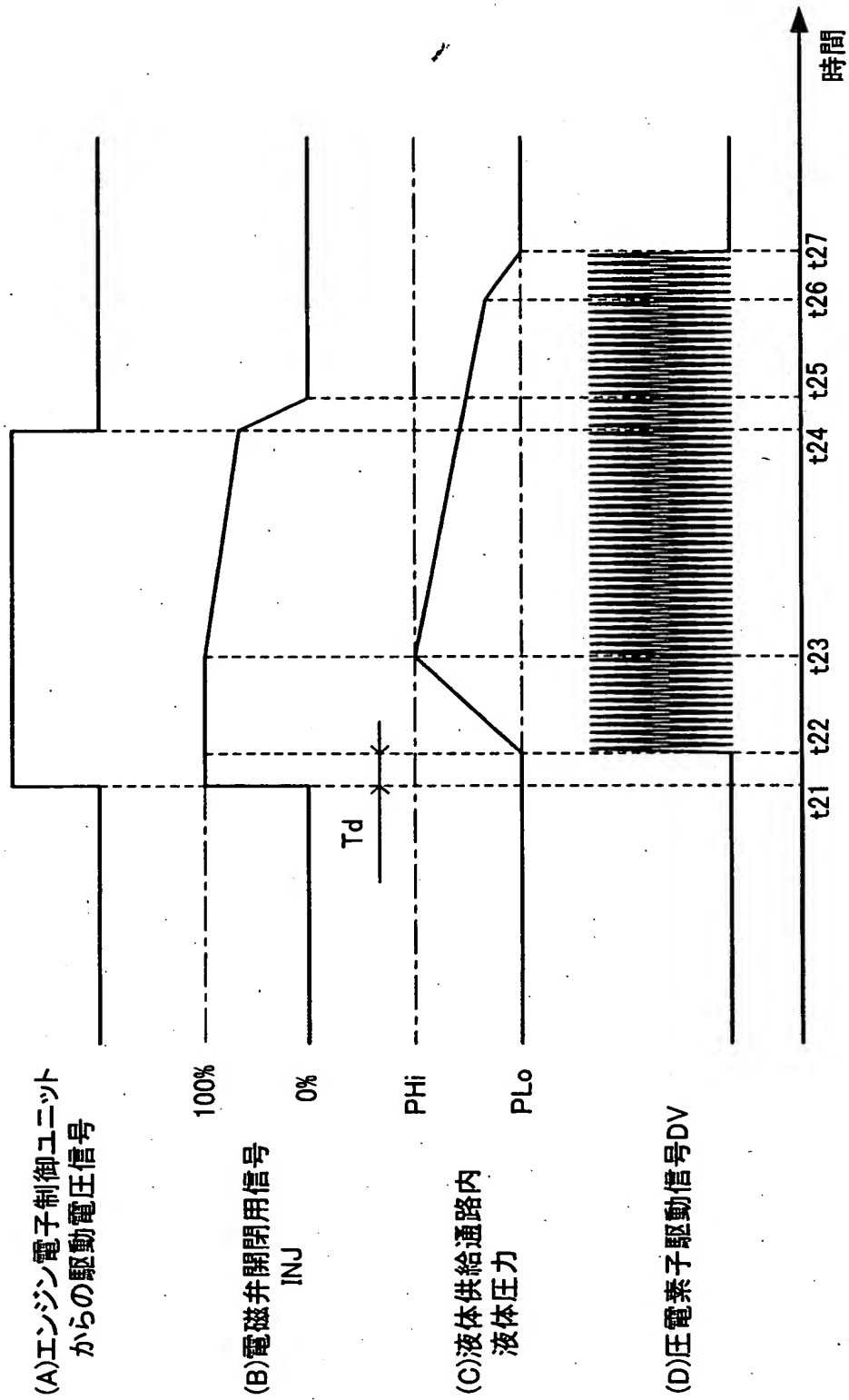
【図11】



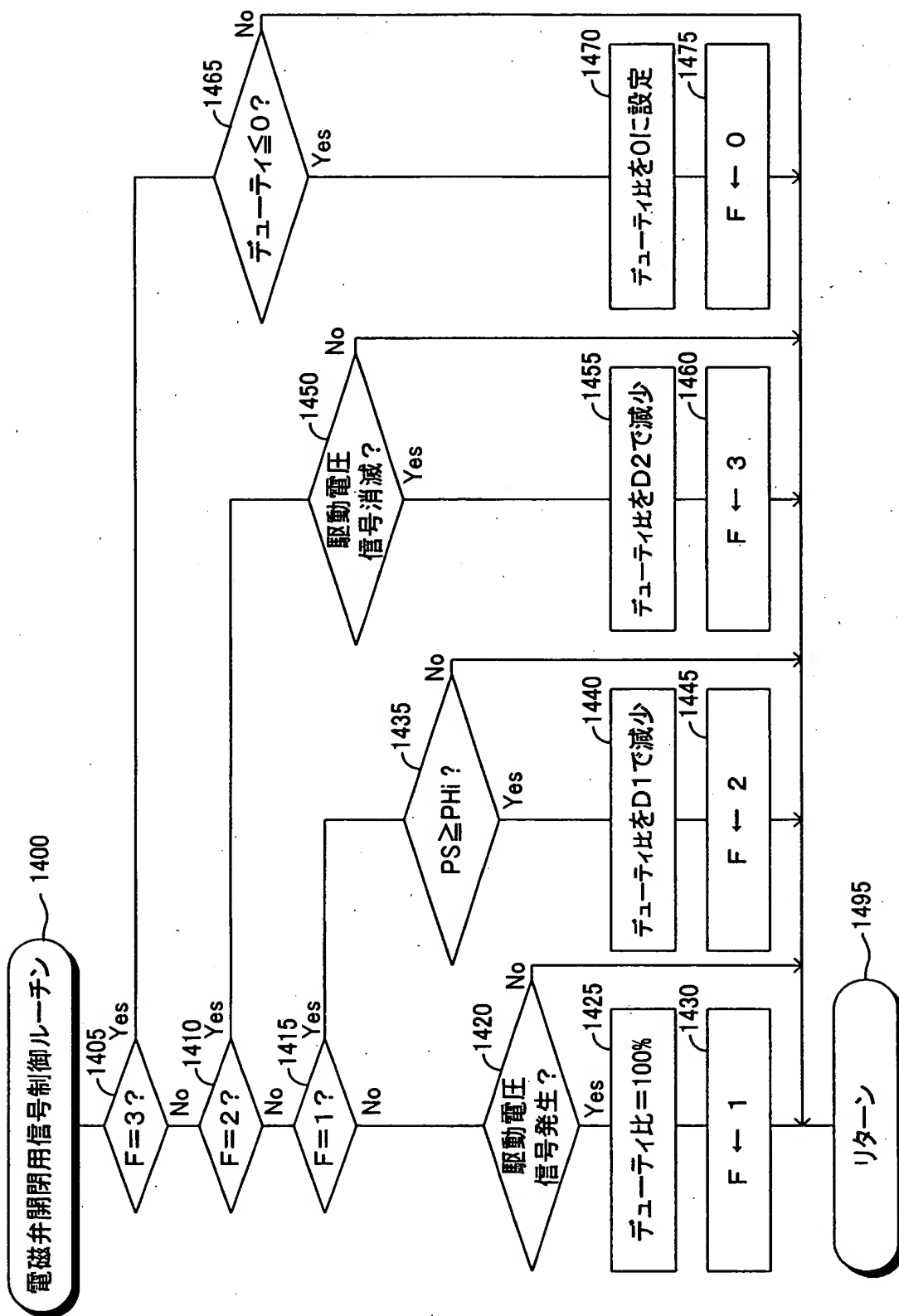
【 図 1 2 】



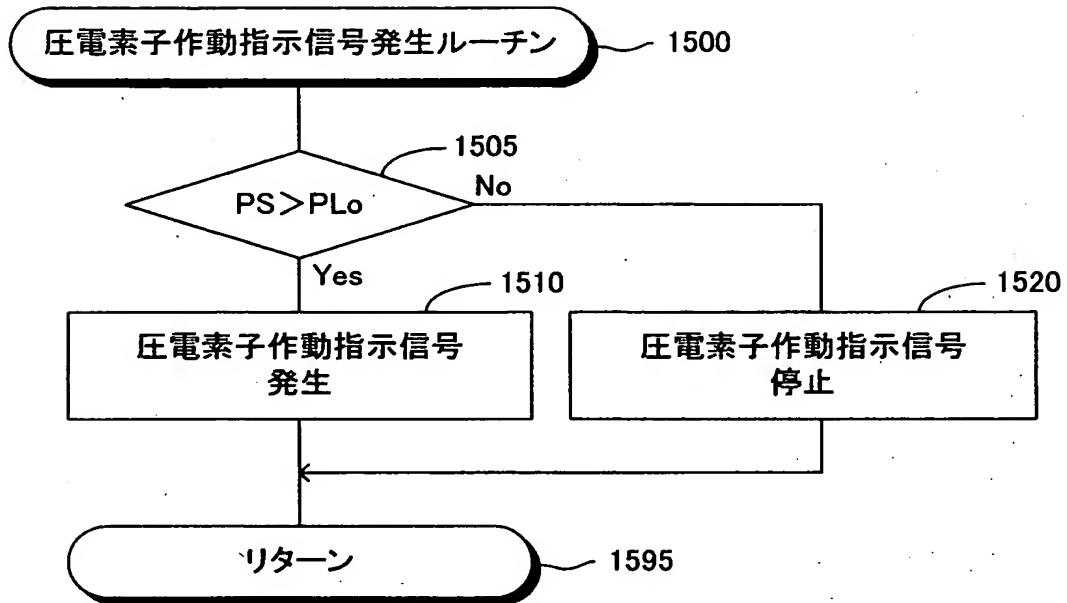
【図 13】



【図 14】

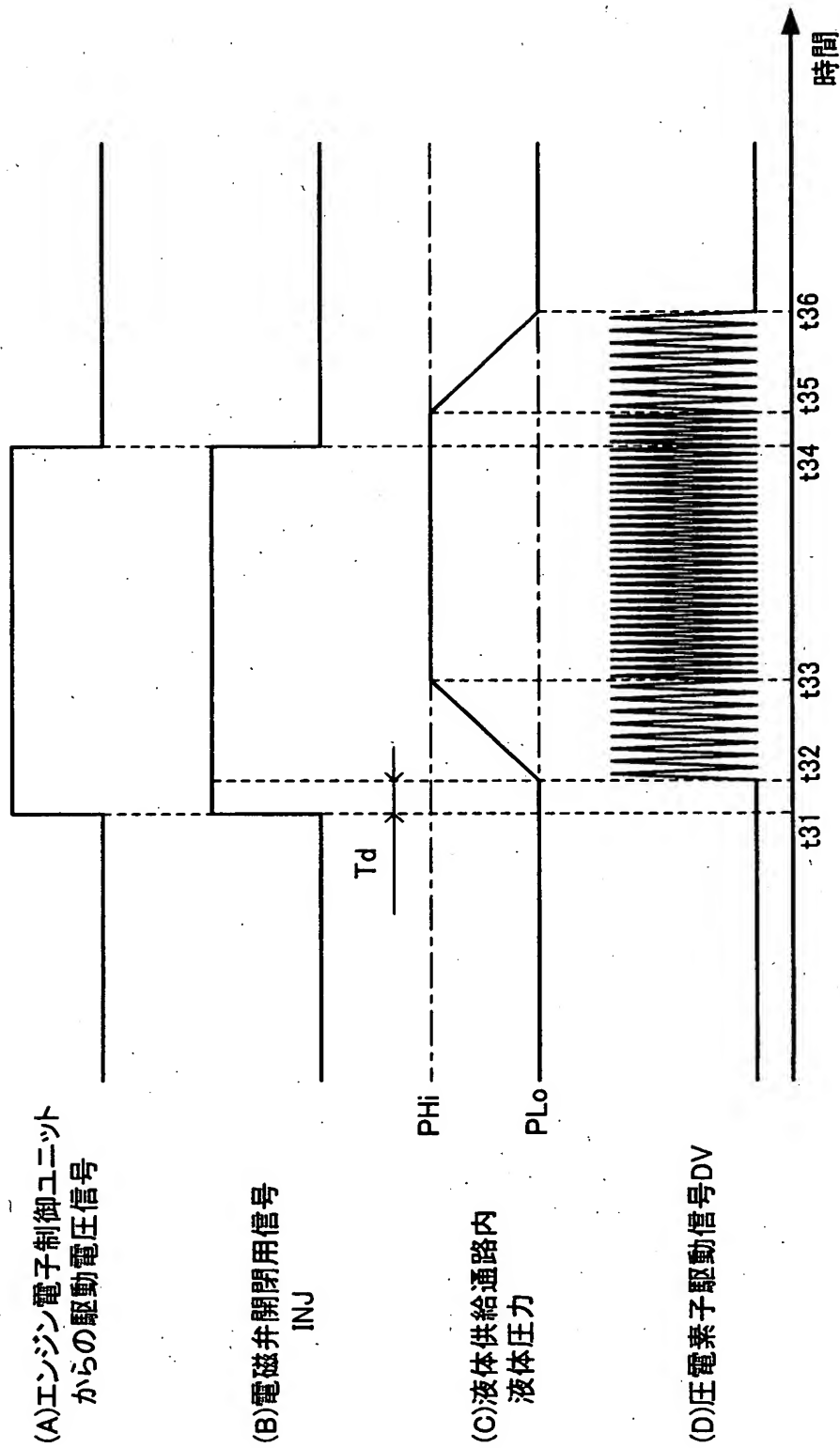


【図 1 5】

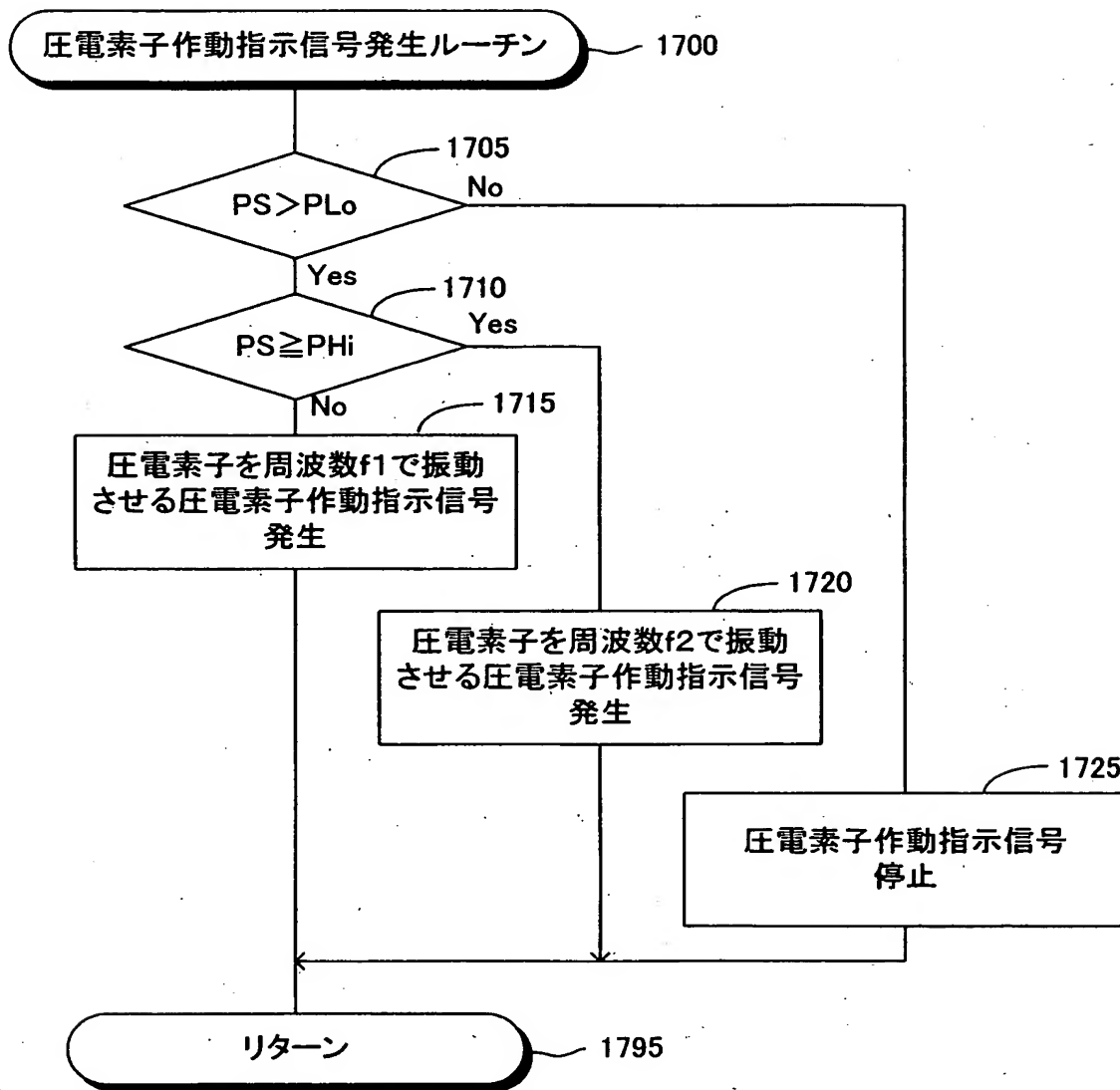


PS; 液体供給通路内圧力
PLo; 低圧側閾値(第2の所定値)

【図 16】

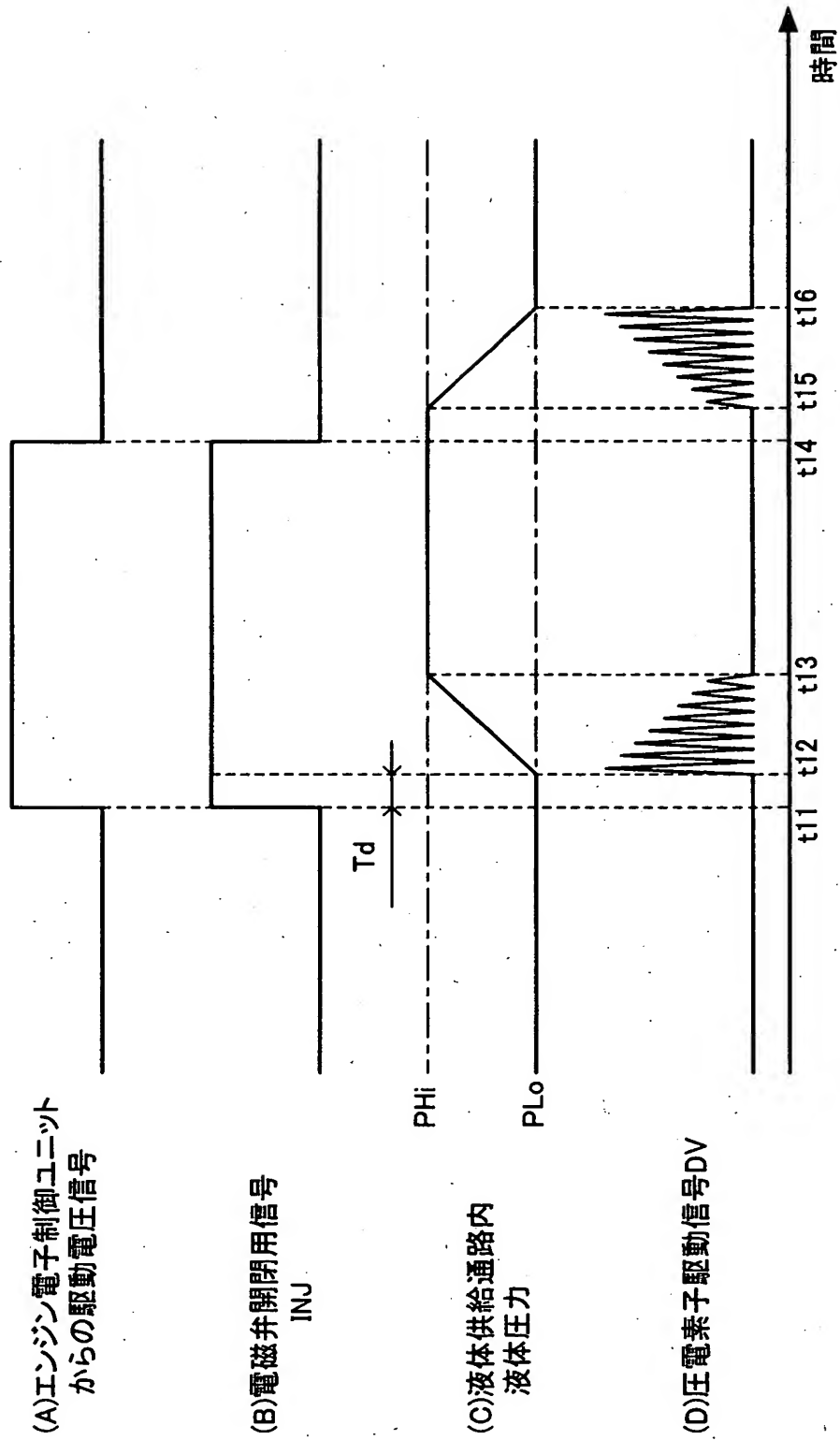


【図 17】

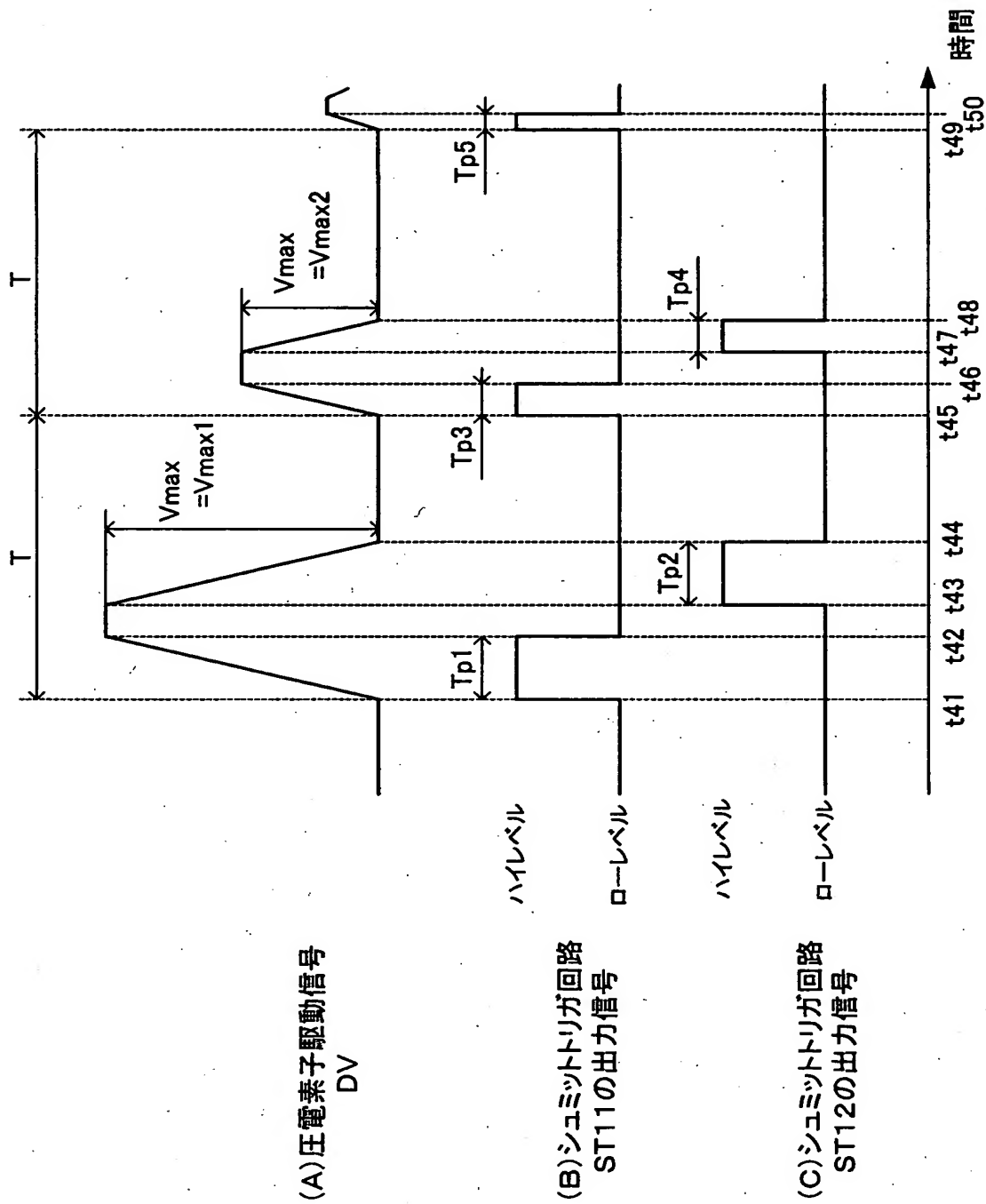


PS; 液体供給通路内圧力
 PLo; 低圧側閾値(第2の所定値)
 PHi; 高圧側閾値(第1の所定値)

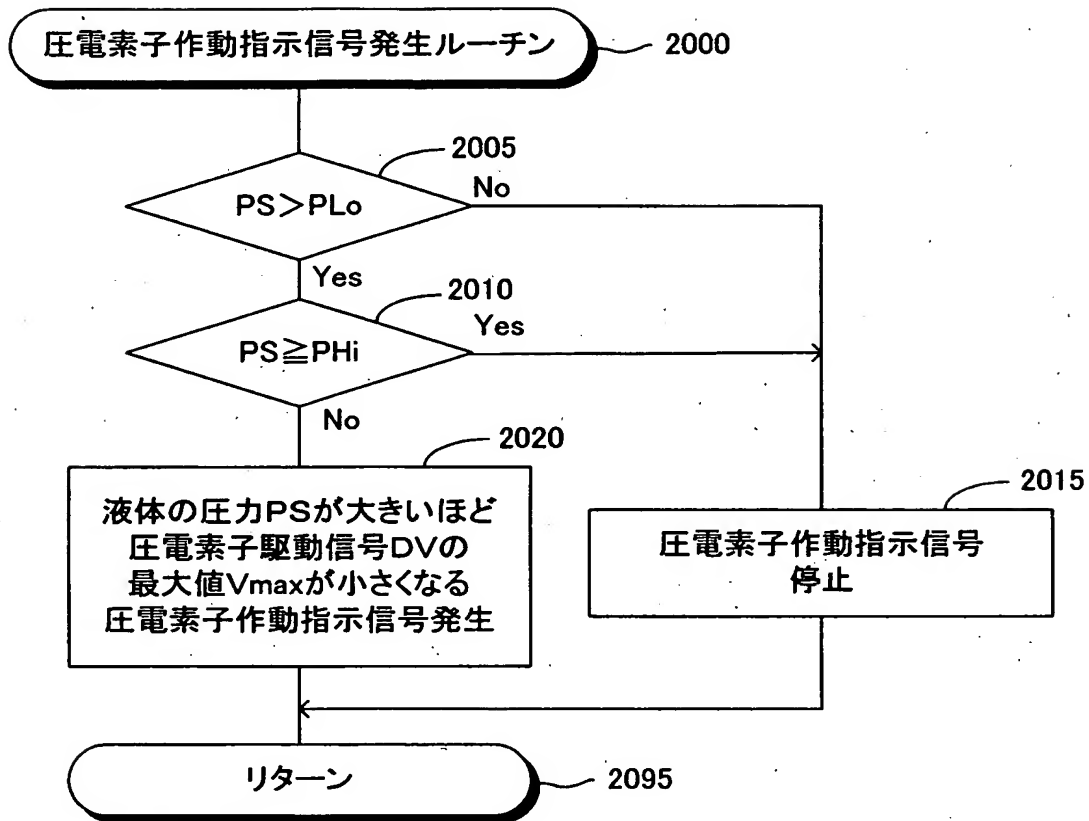
【図18】



【図 19】

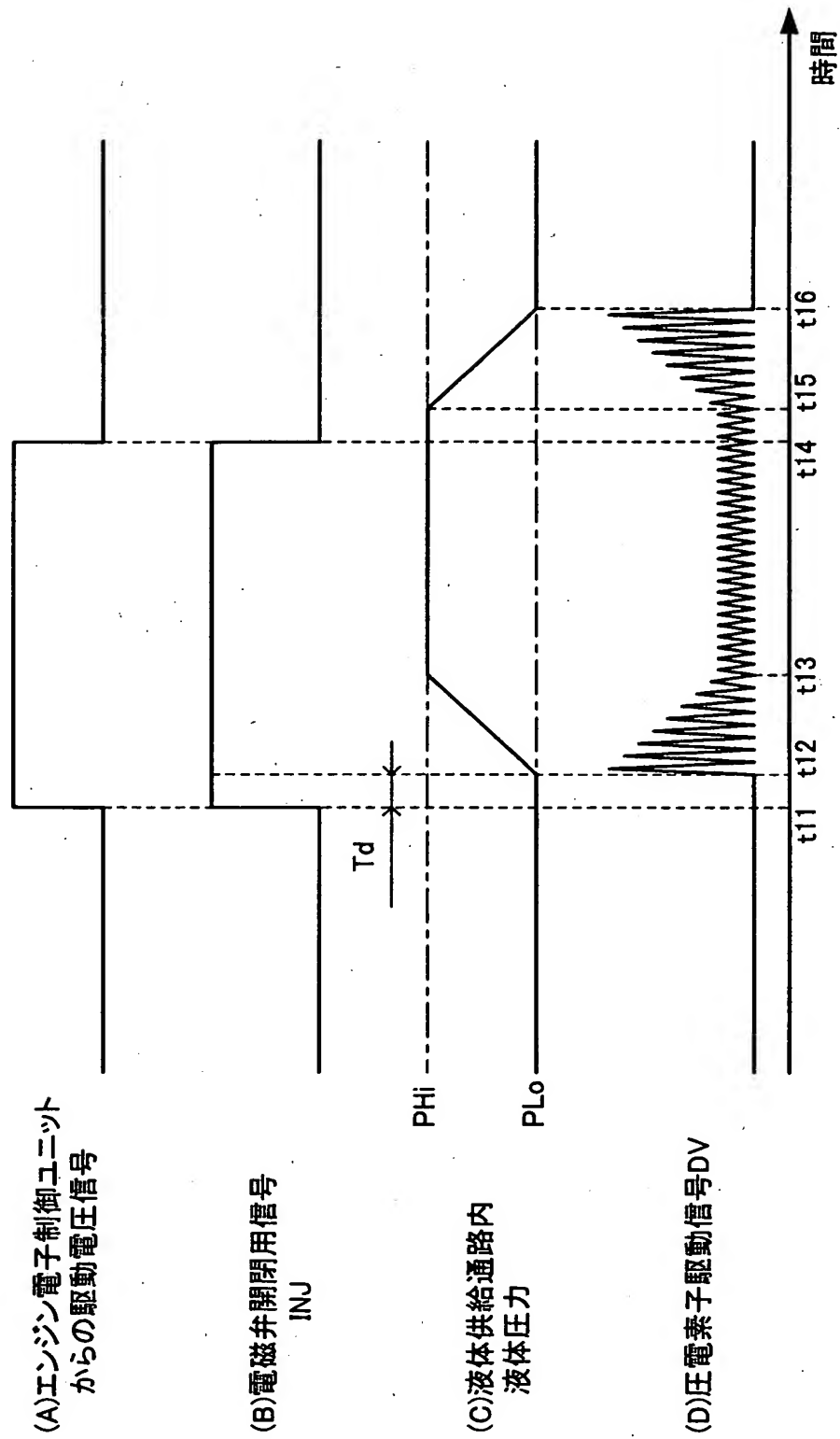


【図 2 0】

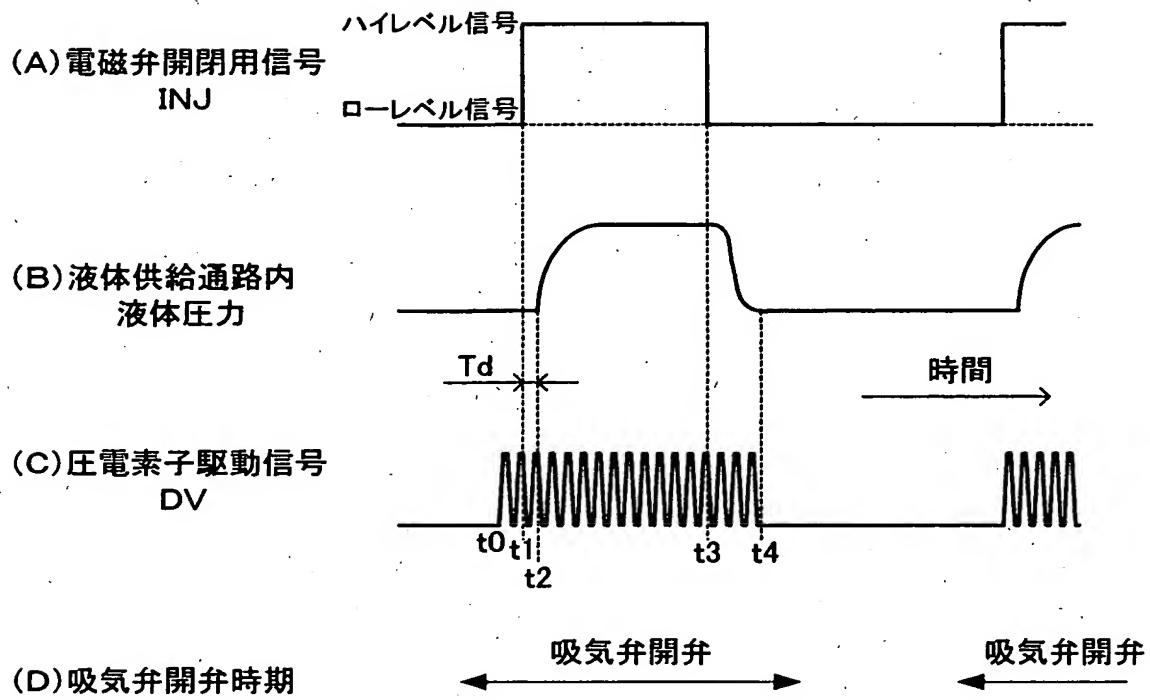


PS ; 液体供給通路内圧力
 PLo ; 低圧側閾値(第2の所定値)
 PHi ; 高圧側閾値(第1の所定値)

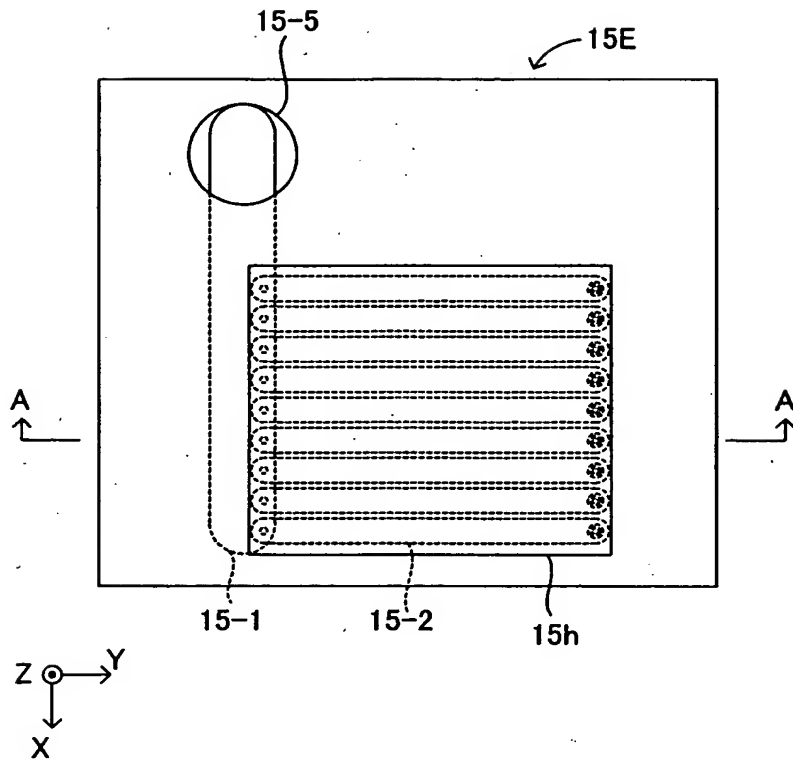
【図 21】



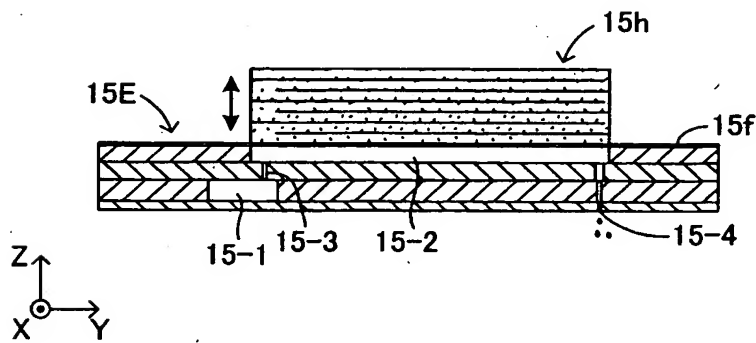
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 噴射開始時及び噴射終了時において、粒径の小さい液滴を安定して噴射することができるとともに、消費電力が小さい液体噴射装置を提供すること。

【解決手段】 液体噴射装置 10 は、圧電／電歪素子を備えた噴射ユニット 15 と、同噴射ユニットに加圧された燃料を吐出する電磁開閉式吐出弁 14 と、電気制御装置 30 とを含む。電気制御装置は、エンジンの運転状態に基いて電磁開閉式吐出弁に対し電磁弁開閉用信号を発生し、これにより、電磁開閉式吐出弁から噴射ユニットに加圧された液体燃料が供給される。電気制御装置は、液体供給通路内圧力センサによって検出される噴射ユニット内の液体の圧力が増大又は減少していると判定されるとき圧電／電歪素子を作動させて噴射燃料の微粒子化を行う。一方、検出される噴射ユニット内の液体の圧力が一定の低圧力であると判定されるとき圧電／電歪素子を作動させず、電力消費量を低減する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-075809
受付番号	50300450638
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成15年 3月25日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 3月19日
【特許出願人】	
【識別番号】	000004064
【住所又は居所】	愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
【氏名又は名称】	日本碍子株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100088971
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名 古屋KSビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	大庭 咲夫
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115185
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名 古屋KSビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	加藤 慎治

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004064]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

氏 名 日本碍子株式会社